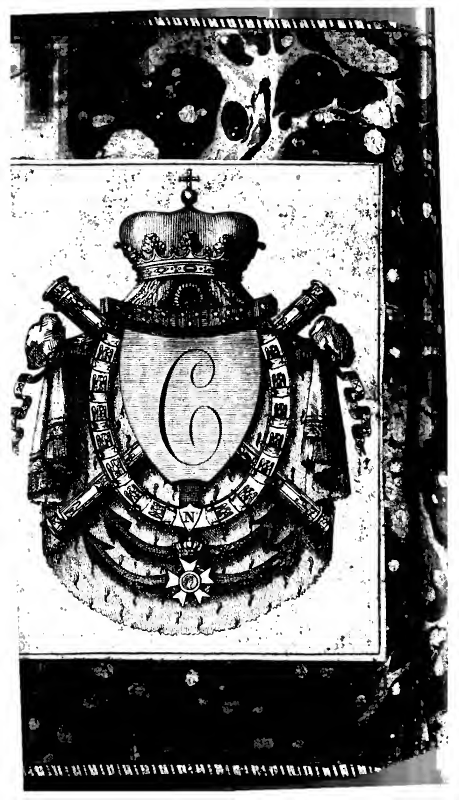
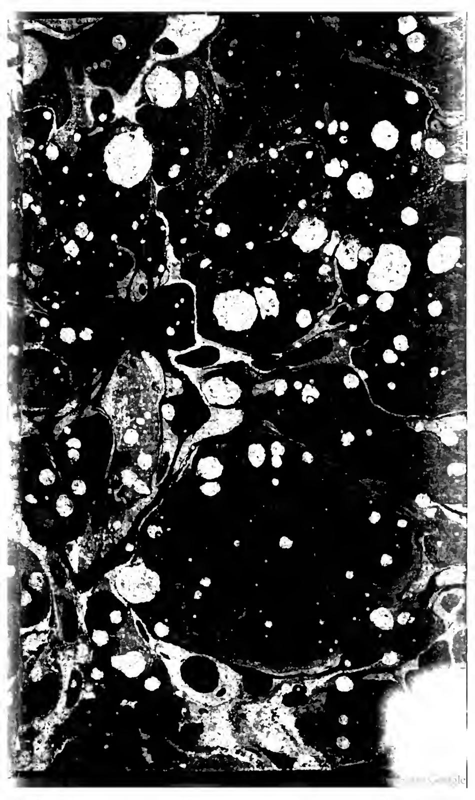
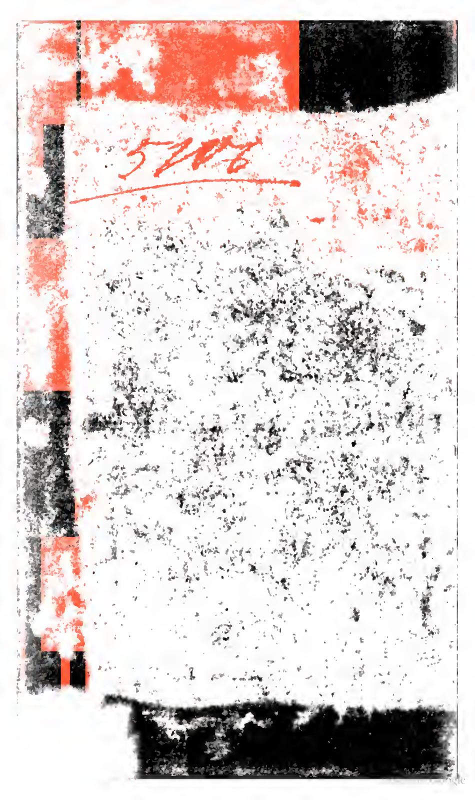







5706

BIBLIOTHÈQUE
UNIVERSELLE
DES DAMES.

Huitième Classe :

PHYSIQUE GÉNÉRALE.

Il paroît tous les mois deux Volumes de cette Bibliothèque. On les délivre ſoit brochés, ſoit reliés en veau fauve ou écaillé & dorés ſur tranche, ainſi qu'avec ou ſans le nom de chaque Souſcripteur imprimé au frontiſpice de chaque volume.

La ſouſcription pour les 24 vol. reliés eſt de 72 liv., & de 54 liv. pour les volumes brochés.

Les Souſcripteurs de Province, auxquels on ne peut les envoyer par la poſte que brochés, payeront de plus 7 liv. 4 ſ. à cauſe des frais de poſte.

Il faut s'adreſſer à M. CUCHET, Libraire, *rue & hôtel Serpente, à Paris.*

BIBLIOTHÈQUE
UNIVERSELLE
DES DAMES.

PHYSIQUE GÉNÉRALE;

Par M. SIGAUD DE LAFOND.

TOME SECOND.

A PARIS;

RUE ET HÔTEL SERPENTE.

Avec Approbation & Privilége du Roi.

1788.

BIBLIOTHEQUE
UNIVERSELLE
DES DAMES.

PHYSIQUE GÉNÉRALE.

CHAPITRE HUITIÈME.

Des causes qui changent la direction du Mouvement.

PARMI les causes qui altèrent & changent la direction d'un corps en mouvement, il en est deux qui méritent une attention particulière de la part du Physicien : ce sont la pesanteur & la différence des milieux

à travers lesquels il se meut. Déjà nous connoissons la première, dont nous avons amplement parlé dans le quatrième Chapitre de cet Ouvrage, où nous avons traité de sa nature, de ses loix, de son universalité & de ses variations; mais nous ne l'avons considérée que solitairement, abstraction faite de toute combinaison quelconque avec toute autre espèce de force.

Il nous reste donc à la considérer ici sous ce dernier rapport, à faire connoître les effets qu'elle produit lorsqu'elle est combinée avec une autre force, à faire voir comme elle altère, elle change, elle modifie toute direction différente de la sienne.

Et d'abord il est de fait, & l'expérience journalière ne laisse aucun doute à cet égard, que tout corps mis en mouvement par l'action d'une force quelconque qui tend à le mouvoir dans une direction parallèle ou oblique à l'horizon, il est de fait, dis-je, que ce corps ne suit jamais la direction que cette force, qu'on appelle *force projectile*, lui imprime, & cela, parce qu'au moment où il cède à son impulsion, il est en même-temps soumis à l'action de la pesanteur, qui le porte vers le centre de la terre.

Or, pour se prêter à l'action de ces deux puissances qui le maîtrisent, il est obligé de prendre une direction moyenne entre celles qu'elles tendent

à lui faire suivre l'une & l'autre ; comme nous l'avons démontré, en parlant du *mouvement composé*.

Mais si nous considérons que la force projectile est une force constante & uniforme qui le sollicite à parcourir des espaces égaux en temps égaux, tandis que la pesanteur est une force accélératrice, qui acquiert à chaque instant de nouveaux degrés d'accroissement, accélère la vîtesse du mobile, & lui fait parcourir des espaces qui vont en croissant, comme la suite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c., nous comprendrons facilement qu'obligé de se prêter aux rapports de ces deux forces dans leurs principes, & à ceux qu'elles acquièrent progressivement, il doit

s'écarter, & s'écarte de plus en plus de la direction de la force projectile : son mouvement doit donc se fléchir continuellement vers le centre de la terre, & conséquemment il doit parcourir, & il parcourt effectivement une ligne courbe. La question se réduit à savoir quelle espèce de courbe il doit parcourir dans la supposition présente.

D'après les données que nous venons d'exposer, & qui entrent dans la composition de son mouvement, abstraction faite de la résistance du milieu, qui influe plus ou moins sur la régularité de la courbe qu'il décrit, il est démontré que cette courbe est précisément celle que les Mathématiciens appellent

une *parabole* & elle en a toutes les propriétés.

Si on consulte l'expérience ; elle est d'accord avec la théorie, autant que les machines qu'on peut employer ici approchent de la précision mathématique à laquelle elles ne peuvent absolument atteindre.

Parmi ces machines, voici celle qui me paroît la plus exacte, & dont le résultat est on ne peut plus satisfaisant.

Imaginez un vaisseau cylindrique, percé vers le bas sur un des points de sa circonférence, & tenu constamment plein d'eau, ou de tout autre liquide. Son ouverture étant débouchée, on voit la liqueur jaillir à une distance proportionnée à

la pression qu'elle éprouve de la part des couches supérieures à l'ouverture, & le jet prend la forme d'une parabole.

C'est par une courbe de cette espèce qu'un boulet de canon, sorti de sa pièce, parvient à sa destination; c'est par la même courbe qu'une bombe, lancée du fond d'un mortier, va porter la désolation dans une ville assiégée. Tout l'art de la balistique est fondé sur les propriétés de cette courbe; mais loin de nous, qui parlons à des Dames, & ces propriétés & leurs applications. La nature ne les a point faites pour prendre des leçons sur un art qui n'opère que la destruction du genre humain. Je passe donc à

une autre considération, à la seconde des causes que j'ai indiquées, comme portant atteinte à la direction d'un mobile.

Cette cause, & je l'ai dit précédemment, se trouve dans la diversité des milieux qu'il traverse, & l'effet qu'elle produit s'appelle *réfraction*. Cette réfraction est une déviation qu'il éprouve au moment où il passe d'un milieu dans un autre, de l'air dans l'eau, par exemple, ou de l'eau dans l'air.

Deux conditions cependant sont nécessaires à cet effet; l'une, que les milieux soient de densités différentes, ou plutôt que l'un d'eux résiste plus que l'autre au mouvement du mobile; la seconde, que ce

mobile se meuve obliquement, ou que son passage d'un milieu dans l'autre se fasse selon une ligne oblique. Sans cette dernière condition, quelque différence qu'on suppose dans la densité des milieux, ou dans la résistance qu'ils opposent au mobile, il n'éprouvera aucune déviation à son passage : il ne souffrira aucune réfraction.

Un corps, par exemple, qui tombe perpendiculairement de l'air dans une eau stagnante, continue sa route par la même perpendiculaire, & on est sûr de le trouver au fond de l'eau si on le cherche à l'extrémité de la ligne qu'on lui a vu suivre dans l'air.

Il n'en seroit pas de même s'il

tomboit obliquement de l'air dans l'eau : on l'y chercheroit inutilement si on ne s'écartoit de la direction qu'il avoit dans l'air.

Au moment donc où ce corps passe obliquement de l'un de ces milieux dans l'autre, il éprouve une deviation dans son mouvement, une réfraction qui le rapproche ou l'éloigne de la perpendiculaire à la surface du nouveau milieu dans lequel il entre, selon que ce milieu lui résiste plus ou moins que celui qu'il quitte. En passant obliquement de l'air dans l'eau, il s'en éloigne ; le contraire arrive, il s'en approche, s'il passe de l'eau dans l'air.

Bien que générale en ce qu'elle convient à tous les corps que nous

pouvons lancer obliquement d'un milieu dans un autre, cette règle souffre néanmoins une exception, ou, pour parler plus exactement, elle doit se prendre inversement, ou en sens contraire, lorsqu'il s'agit de la réfraction qu'éprouvent les rayons de la lumière en passant obliquement de l'air dans l'eau, ou de l'eau dans l'air.

Dans le premier cas, loin de s'éloigner, ils s'approchent de la perpendiculaire; dans le second, ils s'en éloignent. Je n'en veux d'autre preuve qu'une expérience très-simple, & que tout le monde peut facilement répéter.

Je mets un corps plus pesant que l'eau, je suppose un écu de six

livres, ſur le fond d'un baſſin de métal, ou d'une cuvette de faïence. Je fixe les yeux ſur ce corps, & je m'en éloigne enſuite pas à pas, en marchant droit & en arrière, juſqu'à ce que je ſois arrivé à un point où je le perds de vue. Je ceſſe alors de le voir, parce que le rayon viſuel par lequel je le voyois, étant un rayon oblique, je ſuis parvenu à une diſtance où ce rayon aboutit au-deſſus de mon œil.

J'en trouve la preuve en ce qu'il me ſuffit de m'élever un peu ſur la pointe des pieds pour le revoir. Je reprends ma poſition naturelle, & je ne le vois plus. Si, ſans rien changer à la diſpoſition des choſes, ni à ma propre ſituation, quelqu'un

verſe de l'eau dans le baſſin, & l'en remplit en partie, auſſitôt je revois ce corps, comme ſi je m'en étois rapproché, ou que je me fuſſe ſoulevé une ſeconde fois.

D'où peut donc venir ce changement? le voici : il vient de ce que le rayon viſuel qui aboutiſſoit au-deſſus de mon œil, lorſqu'il n'avoit que le même milieu, une maſſe d'air à traverſer, ſe fléchit en ſortant obliquement de l'eau pour paſſer dans l'air, & s'éloigne de la perpendiculaire à la ſurface de l'eau. Il s'abaiſſe donc à mon égard ; en s'abaiſſant, il parvient à mon œil, & je vois le corps que j'avois ceſſé de voir.

La même explication peut aiſément

s'appliquer à ce qu'on obſerve lorſqu'on plonge obliquement un bâton dans une maſſe d'eau : il paroît rompu, & c'eſt encore l'effet de la réfraction qu'éprouve le rayon de lumière; elle nous fait voir ce bâton dans un état bien différent de celui dans lequel il eſt réellement.

Quelquefois le mouvement réfracté ſe change en mouvement réfléchi. C'eſt ce qui arrive lorſqu'on lance avec force un corps, mais trop obliquement à la ſurface de l'eau ; au lieu de la pénétrer & de s'y plonger, il ſe relève après l'avoir rappée, & forme avec elle un angle preſqu'égal à celui par lequel il s'en eſt approché.

Une écaille d'huître, par exemple,

ou une pierre un peu tranchante par ſes bords, plus épaiſſe vers ſon milieu, lancée fort obliquement à la ſurface d'une rivière, nous fait obſerver ce phénomène que nous dédaignons parce que c'eſt un jeu d'enfant; cependant ce jeu démontre une vérité phyſique importante à connoître, & à laquelle on ne peut faire trop d'attention.

Ces réflexions qu'on appelle des *ricochets*, nous montrent combien il ſeroit imprudent & dangereux de ſe tenir, ſur le bord d'une rivière, en ligne directe à un chaſſeur placé ſur la rive oppoſée, & qui tireroit fort obliquement à la ſurface de l'eau. Au lieu de la pénétrer, la balle

pourroit ſe réfléchir & atteindre le ſpectateur.

En parlant précédemment de la force d'un corps en mouvement, nous avons prouvé que cette force eſt égale au produit de ſa maſſe par ſa vîteſſe, & cette vérité eſt une vérité conſtante dont on ne doit jamais s'écarter, même dans des circonſtances auxquelles nous ne croyons pas devoir nous arrêter, & où les effets de cette force paroiſſent, au premier aſpect, ſupérieurs au produit de la maſſe par la ſimple vîteſſe.

Si donc la vîteſſe eſt la véritable cauſe qui donne de l'action au mobile, ſi c'eſt en elle que réſide le principe de la force qui l'anime, il

n'en eſt pas moins vrai pour cela que ſans être en mouvement, ſans qu'ils ſoient doués du plus petit degré de vîteſſe, il réſide en certains corps une force réelle qui dépend, non de leur vîteſſe actuelle, puiſqu'il n'en ont pas, mais de celle qu'ils auroient s'ils venoient à ſe mouvoir, ou ſi la machine à laquelle ils ſont appliqués étoit en mouvement.

Pour la bien ſaiſir cette nouvelle eſpèce de force, il ſuffit de connoître la conſtruction, la diſpoſition de certaines machines dont on fait aſſez communément uſage, & de bien concevoir de quelle manière les corps agiſſent par leur miniſtère. Ces connoiſſances ſont

l'objet de la méchanique des ſolides, que nous développerons le plus ſuccinctement poſſible dans le Chapitre ſuivant.



CHAPITRE NEUVIÈME.

De la méchanique des ſolides ou des forces mouvantes.

On donne le nom de *forces mouvantes* à cette multitude de machines dont l'homme s'aide dans ſes travaux. C'eſt par leur moyen qu'il parvient à faire des efforts qui paroiſſent ſurpaſſer la puiſſance humaine, qu'il ſurmonte des obſtacles qu'il ne pourroit ſurmonter ſans le ſecours qu'elles lui prêtent.

La plûpart de ces machines ſont plus ou moins compoſées ; mais quelque compoſées qu'elles ſoient, elles réſultent de la combinaiſon de

quelques machines ſimples dont la connoiſſance ſuffit pour découvrir tous les avantages qu'on peut attendre des autres. Nous nous arrêterons donc ſpécialement à la conſideration des machines ſimples.

On diſtingue ordinairement ces ſortes de machines en ſept eſpèces différentes. Nous les réduirons à deux ſeulement, au *levier* & au *plan incliné*, parce que les cinq autres peuvent facilement ſe rappeler à ces deux ci, comme nous le ferons obſerver dans l'expoſition que nous en ferons. Nous diviſerons donc ce Chapitre en deux Sections ; l'une qui traitera du levier & des machines qui s'y rapportent ; l'autre, du plan incliné & de celles qui y

ont rapport. Nous donnerons ensuite une idée suffisante des machines composées, dans un Appendice que nous ajouterons à ces deux Sections.

Avant d'entrer en matière, nous croyons qu'il est important de faire connoître plusieurs choses qu'on doit distinguer soigneusement dans toute espèce de machine quelconque. Bien que plus nombreuses, nous ne nous arrêterons qu'aux quatre principales, qui sont :

1°. *La résistance*, je veux dire l'obstacle qu'on se propose de vaincre ou d'équilibrer par le moyen d'une machine. 2°. La puissance, ou la force qu'on emploie à cet effet, soit que cette force soit animée, ou

qu'elle ne dépende que de la masse d'un poids. 3°. *Le point d'appui*, celui autour duquel la puissance & la résistance se meuvent, ou font effort pour se mouvoir. 4°. Enfin, *le centre de gravité*, qui est un point autour duquel toutes les parties d'un corps ou d'un système de corps sont en équilibre.

Ce point seroit le centre d'une sphère, si elle étoit parfaitement homogène dans toutes ses parties, c'est-à-dire, si toutes les parties étoient de même densité. C'est en ce point où se réunit tout l'effort de la pesanteur, qui maîtrise un corps & le sollicite vers le centre des graves. C'est donc le seul point

qu'il ſoit néceſſaire de ſoutenir pour s'oppoſer à ſa chûte.

Un corps, en effet, n'eſt ſtable qu'autant que ſon centre de gravité eſt ſoutenu, & il l'eſt, chaque fois que ſa ligne de direction, ou la perpendiculaire tirée de ce centre à celui de la terre, paſſe par ſa baſe.

Conſidérons, par exemple, le centre de gravité du corps de l'homme : on ſait qu'il eſt ſitué dans cette cavité qu'on appelle *le bas-ventre*. Sa ligne de direction paſſe donc par ſes pieds lorſqu'il eſt debout, & conſéquemment par la baſe de ſon corps, & il eſt ſtable lorſqu'il ſe tient droit & immobile.

Mais s'il vient à s'incliner, ſup-

posons en avant, alors sa ligne de direction change de place, elle se porte au-delà de la pointe de ses pieds, elle ne passe plus par la base de son corps, & il tomberoit sur le champ s'il n'avoit soin de ramener cette ligne dans la position où elle doit être, en portant la croupe en arrière. C'est ce qui nous arrive naturellement & sans que nous y fassions la moindre attention, lorsque nous nous baissons pour ramasser quelque chose devant nous.

C'est par la même raison, par exemple, qu'une personne chargée d'un pesant fardeau sur le dos, se courbe en avant. Sans cette sage précaution, sa ligne de direction tomberoit au-delà de ses talons,

parce

parce que le fardeau, dont elle eſt chargée, s'uniſſant à la maſſe de ſon corps, le centre de gravité de ce ſyſtême de corps n'eſt plus à la même place où il étoit auparavant, mais plus en arrière & en dehors de la capacité du bas-ventre ou du baſſin.

Par la raiſon contraire, une femme groſſe & avancée dans ſa groſſeſſe, eſt obligée de ſe redreſſer & de marcher avec une dignité qu'elle n'a point en tout autre temps : ne lui reprochons point un air altier dans cette attitude ; elle obéit, & ſouvent malgré elle, à une loi impérieuſe de la nature, à laquelle elle ne pourroit ſe ſouſtraire, ſans s'expoſer à une chûte dangereuſe. Cette

même loi régit auſſi puiſſamment toute perſonne qui porte un fardeau entre ſes bras.

Toujours le centre de gravité d'un corps veut être ſoutenu. Sans cela, il obéiroit à l'action de la peſanteur qui le dirige continuellement vers le centre de la terre, & le corps tomberoit néceſſairement. C'eſt une loi conſtante de la nature, & c'eſt à la connoiſſance de cette loi qu'on doit l'invention de quantité de machines plus ingénieuſes les unes que les autres, & dont les effets ont quelque choſe de ſurprenant au premier aſpect.

On enchaſſe un morceau de plomb dans la baſe d'une petite quille d'ivoire, ou de toute autre matière,

beaucoup plus légère que le plomb, & voilà une quille qui ne peut demeurer renversée. On la renverse, & sur le champ elle se relève d'elle-même.

Le vulgaire ne voit ici qu'un jouet qui l'amuse; le Physicien y voit un centre de gravité artistement placé, & qui ne se trouve soutenu qu'autant que la quille est posée sur sa base; mais c'en est assez sur cet objet; passons à la considération des machines simples.

PREMIÈRE SECTION.

Du Levier.

Imaginez une ligne inflexible & sans pesanteur, appuyée sur un des

points de ſa longueur, & vous aurez l'idée la plus parfaite que vous puiſſiez vous former du levier. Elle eſt tellement parfaite cette idée, qu'on ne trouve point, dans la pratique, de levier qui y réponde abſolument.

Tout levier en effet eſt un corps flexible & peſant, & c'eſt à raiſon de cette flexibilité & de ce poids, que ſes effets ne s'accordent point toujours rigoureuſement avec la théorie mathématique.

Abſtraction faite de ces défauts qu'on ne peut éviter dans la pratique, l'idée que nous venons de donner de cette machine ſeroit incomplète, ſi nous ne conſidérons en même temps la ſituation du point

d'appui, relativement à la puiſſance & à la réſiſtance qui agiſſent l'une contre l'autre par le moyen d'un levier : or, comme cette ſituation peut varier de trois manières différentes, on diſtingue trois genres particuliers de leviers.

1°. *Le levier du premier genre*, dans lequel le point d'appui eſt ſitué entre la puiſſance & la réſiſtance, quelquefois à la même diſtance de l'une & de l'autre, comme on le remarque dans la balance ordinaire, qui eſt un levier du premier genre; quelquefois plus proche de la réſiſtance que de la puiſſance, comme on le voit dans cette eſpèce de balance qu'on appelle *romaine* &

qui eſt également un levier du premier genre.

2°. *Le levier du ſecond genre*, dans lequel la réſiſtance eſt placée entre le point d'appui & la puiſſance. Le couteau, par exemple, avec lequel on coupe le pain chez certains boulangers, ou de fortes racines chez les droguiſtes, eſt un levier de ce genre. Sa lame eſt terminée par un anneau, ou un crochet qui roule ſur un clou, & ce clou eſt ſon point d'appui. Le corps qu'on coupe eſt la réſiſtance, & la main, qui s'appuie ſur le manche, la puiſſance.

3°. *Le levier du troiſième genre*; dans lequel la puiſſance eſt ſituée entre le point d'appui & la réſiſtance.

Sans ſortir hors de nous-mêmes, nous trouvons une multitude d'exemples de ce genre de levier; preſque tous nos muſcles ſont diſpoſés & agiſſent comme des leviers du troiſième genre, mais qui de nos Lecteurs voudroit, le ſcalpel à la main, chercher ces leviers dans la diſſection du corps de l'homme ou des animaux?

Bien que très-curieux & très-intéreſſant, ce travail mettroit leur ſenſibilité à une trop rude épreuve: il faut donc ſortir hors de nous-mêmes pour trouver des exemples de ce genre de levier, & alors ils ſont très-rares. Cependant, il en eſt un que nous avons continuellement ſous la main; c'eſt cette eſpèce

de pincettes qu'on appelle *badines.* Leur point d'appui eſt dans le reſſort qui tient les deux branches écartées; le tiſon qu'on embraſſe & qu'on ſerre avec cet inſtrument eſt la réſiſtance, & la main qui ſaiſit les deux branches eſt la puiſſance. Celle-ci eſt évidemment placée entre le point d'appui & la réſiſtance.

En général, rien de plus familier que le levier. On en trouve partout ; preſque tous les inſtrumens dont nous faiſons habituellement uſage ſont des leviers. Ne parlons que des plus connus. Qui pourroit méconnoître dans chaque paire de ciſeaux deux leviers du premier genre réunis à leur point d'appui commun, le clou ſur lequel les deux

branches roulent. Il eſt placé entre la réſiſtance, ou le corps qu'on coupe & la puiſſance qui ſont les deux doigts qui agiſſent dans les anneaux.

Je paſſe la rivière dans un batelet, & je le vois cheminer à l'aide de deux rames que le batelier fait mouvoir circulairement ſur deux chevilles fixées, l'une à la droite, l'autre à la gauche du batelet. Ne nous y trompons pas; ce n'eſt point là, comme on pourroit l'imaginer d'abord, non, ce n'eſt point là que ſe trouve le point d'appui, mais bien la réſiſtance. C'eſt en effet contre ces deux points que s'exerce toute la force du batelier, pour faire avancer ſon batelet. Le point d'appui eſt ſur la rivière, & ce point, c'eſt préciſé-

ment cette partie de la ſurface de l'eau que frappent les extrémités aplaties des rames. Chacune d'elles fait donc fonction d'un levier du ſecond genre. Nous n'étendrons point davantage ces obſervations.

Pour peu qu'on réfléchiſſe ſur la manière dont on ſe ſert de preſque tous les inſtrumens qu'on manie, on y découvrira facilement, comme je le diſois il n'y a qu'un moment, un exemple de l'un des trois genres de leviers, qui ne diffèrent entre eux que par la poſition reſpective du point d'appui, de la puiſſance & de la réſiſtance, & conſéquemment par le genre.

De quelque genre cependant qu'il ſoit, c'eſt la même loi qui régit

l'équilibre entre une puiſſance & une réſiſtance qui agiſſent l'une contre l'autre à l'aide de cet inſtrument ; & ſi nous ſuppoſons que la puiſſance, ainſi que la réſiſtance ſoient des êtres inanimés, de ſimples oids, toujours il y aura équilibre entre elles, lorſque leurs maſſes ſeront en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui.

Dans la ſuppoſition donc où les maſſes ſeront égales, elles ſeront en équilibre lorſque leurs diſtances au point d'appui ſeront égales, & dans le cas où ces maſſes ſeroient inégales, elles ſeront en équilibre, ſi leurs diſtances ſont telles que la plus grande maſſe compenſe, par ſon excès de maſſe, ce qui manque à ſa diſtance

au point d'appui, & c'eſt en cela que conſiſte la réciprocité que nous venons d'indiquer. Il y aura donc toujours équilibre, par le moyen d'un levier quelconque, lorſqu'on pourra établir la proportion que voici. La maſſe de la puiſſance eſt à celle de la réſiſtance, comme la diſtance de celle-ci au point d'appui eſt à celle de la puiſſance.

Et d'abord point de difficulté pour le levier du premier genre, ſoit que le point d'appui, placé entre la puiſſance & la réſiſtance, ſoit à égale ou inégale diſtance de l'une & de l'autre.

Dans le premier cas, où cette diſtance eſt égale, le levier ne diffère point d'une balance ordinaire;

dans

dans laquelle les poids dont les baſſins ſont chargés repréſentent la puiſſance & la réſiſtance, & dont l'axe, qui roule dans la châſſe, eſt le point d'appui également éloigné des extrémités du fléau auxquels les baſſins ſont ſuſpendus.

Ici, & tout le monde le ſait, il ne peut y avoir équilibre ; le fléau de la balance ne peut demeurer en repos dans une ſituation parallèle à l'horizon, qu'autant que les poids ſont égaux de part & d'autre. Or, dans ce cas, il eſt évident que ces poids ſont en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui; puiſqu'on peut dire que la maſſe de l'un eſt à la maſſe de l'autre, comme la diſtance de ce dernier à

l'axe de la balance, eſt à la diſtance de ſon antagoniſte au même axe.

Dans la ſuppoſition préſente, tout eſt égal, maſſes & diſtances; comment les forces ne le ſeroient-elles pas? Or, ces forces agiſſent en ſens contraire ſur le fléau, l'une tendant à l'abaiſſer, tandis que l'autre l'éleveroit, il faut donc néceſſairement qu'elles ſe détruiſent mutuellement, & conſéquemment qu'elles demeurent en équilibre. Si cependant on me demandoit la raiſon ultérieure & méchanique de cet équilibre, voici ce que je répondrois, & ma réponſe ſeroit ſans réplique.

La balance chargée de poids égaux

de part & d'autre ne peut se mouvoir sur son axe, que les bassins & avec eux les poids dont ils sont chargés ne se meuvent avec la même vîtesse; puisqu'étant supendus aux extrémités de deux bras parfaitement égaux, ces bras sont comme deux rayons d'un même cercle, qui décrivent, dans le même-temps, des arcs égaux, l'un en montant, l'autre en descendant.

Si on multiplie donc séparément la masse de chacun de ces poids par la vîtesse qu'il auroit, en supposant la balance en mouvement, les produits seront égaux, comme résultant de racines égales. Les forces sont donc égales, & comme elles sont opposées, elles s'élident nécessaire-

ment; d'où je conclus que des maſſes égales, agiſſant à des diſtances égales du point d'appui, par le moyen d'un levier du premier genre, ſe font équilibre.

On concevra auſſi facilement cet équilibre entre des maſſes inégales, qui agiroient en ſens contraire ſur les bras d'un levier de même genre, ſi, leurs diſtances au point d'appui étant inégales, elles étoient réciproques aux maſſes.

Suppoſons que l'axe d'une balance, ou ſon point d'appui ſoit plus proche de l'un des baſſins que de l'autre; que l'un de ſes bras, par exemple, ſoit trois fois plus long, alors cette balance ſera ce qu'on appelle une *romaine*, & dans la ſuppoſition

donnée, il y aura équilibre ſi le poids, placé dans le baſſin qui eſt ſuſpendu au plus court des deux bras, eſt trois fois plus peſant que l'autre : or, dans ce cas, les maſſes ſont en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui, & leurs forces égales de part & d'autre.

1°. Les maſſes ſont en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui ; puiſque la petite en eſt d'autant plus éloignée que la grande, que celle-ci l'emporte ſur elle par ſa maſſe.

2°. Leurs forces ſont égales ; puiſque les produits de chacune de ces maſſes par la vîteſſe qu'elle auroit, ſi la balance venoit à ſe mouvoir, ſont égaux. Suppoſons, en effet, qu'elle

ſe meuve, chaque maſſe ſe mouvra alors avec une vîteſſe proportionnée à la longueur du bras, à l'extrémité duquel elle ſera ſuſpendue. La petite ſe meuvra donc trois fois plus vîte que la grande. Sa force ſera donc égale à 3, produit d'une maſſe comme 1, par une vîteſſe 3. Celle de la grande ne ſera pas différente, étant égale au produit d'une maſſe comme 3, par une vîteſſe 1. Les forces oppoſées ſont donc égales dans la ſuppoſition actuelle, & conſéquemment elles s'équilibrent. C'eſt donc une loi générale & conſtante, pour le levier du premier genre, que la puiſſance & la réſiſtance ſoient en équilibre, lorſque leurs maſſes ſont en raiſon réciproque de

leurs diſtances au point d'appui.

Elle n'eſt pas moins générale ni moins conſtante, cette loi, pour les leviers des deux autres genres. Parlons d'abord de celui du ſecond. Je ſuppoſe que dans celui-ci le point d'appui ſoit ſitué, comme nous l'avons déjà remarqué, à l'une de ſes extrémités, la puiſſance à l'autre, & la réſiſtance entre l'une & l'autre; mais de manière que celle-ci tendant à faire baiſſer le levier, la puiſſance tende à le faire monter, ſuppoſition néceſſaire pour que les forces ſoient oppoſées.

Dans cette ſuppoſition, il y aura équilibre avec ce levier comme avec le précédent, ſi la puiſſance & la réſiſtance ſont entre elles, quant à

leurs maſſes, en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui. Si en effet ce levier venoit à ſe mouvoir, la réſiſtance gagneroit en maſſe ce qu'elle perd en vîteſſe par ſa plus grande proximité du point d'appui. Il y auroit donc une compenſation exacte entre les maſſes & les vîteſſes, & conſéquemment égalité de forces oppoſées qui ſe détruiroient & produiroient l'équilibre. Le calcul le démontre, & l'expérience ſe joint au calcul pour confirmer la vérité de cette loi, qui convient également au levier du troiſième genre.

Je n'en veux d'autre preuve que celle que je viens de donner en faveur du levier du ſecond genre; puiſque celui-ci deviendra un levier

du troisième genre, en changeant ſeulement les noms de la puiſſance & de la réſiſtance : je veux dire, en appellant la puiſſance, dans le levier du troiſième genre, ce qu'on appelle la réſiſtance, dans celui du ſecond, & alternativement, la réſiſtance, ce qu'on nomme la puiſſance.

On conçoit facilement que ce changement de nom n'influe en rien ſur la choſe; il fait ſeulement que le levier prend une dénomination différente : or, en appliquant à celui du troiſième genre le même raiſonnement que nous venons de faire pour le levier du ſecond genre, on voit manifeſtement que la même loi régit ces deux eſpèces de leviers, comme elle régit celui du premier genre ;

d'où je conclus qu'avec toute espèce de levier quelconque, il y aura équilibre entre la puissance & la résistance, lorsque leurs masses seront en raison réciproque de leurs distances au point d'appui. Parlons maintenant des autres machines simples qui se rapportent au levier.

La *balance ordinaire* & la *romaine* sont celles qui se présentent les premières dans l'ordre que les mathématiciens leur assignent, & elles méritent d'autant mieux cette place, qu'elles ne sont, à proprement parler, l'une & l'autre, que des leviers du premier genre, & même, de tous les leviers de ce genre, ceux qui sont les plus connus & dont on fait le plus habituellement usage.

C'eſt à ce titre que nous avons cru devoir les prendre pour exemples, & que nous les avons jugés très-propres à faciliter l'intelligence de la théorie des leviers que nous venons de développer. Il nous reſte cependant quelques obſervations à faire à leur égard, & nous allons nous y arrêter un moment.

La bonté d'une balance ordinaire dépend de l'exactitude de ſa conſtruction, & parmi les conditions indiſpenſables qu'elle exige pour remplir convenablement ſes fonctions, l'égalité de ſes bras mérite une attention particulière. Au défaut de cette parfaite égalité, la balance n'eſt plus qu'une balance frauduleuſe, une

balance dont on peut abuser au préjudice de la société.

Supposons, en effet, qu'une balance soit construite de manière que l'un de ses bras soit plus long que l'autre, sans cependant que cette différence soit sensible à l'œil ; qu'ils soient, par exemple, dans le rapport de 12 à 11.

Le fléau, déchargé de ses bassins, pourra très-bien se mettre en équilibre avec lui-même, & paroître exact à la vue. Il suffit pour cela que le bras le plus court ait un excès de masse qui compense ce qui manque à sa longueur.

Il demeurera encore en équilibre chargé de ses bassins, si on a ménagé un excès convenable de poids à celui

qui sera suspendu à l'extrémité du plus court des deux bras. Cette balance paroîtra donc encore exacte à l'œil, mais elle ne le sera point dans le fait; l'équilibre ne pourra s'établir avec elle qu'entre des poids inégaux.

Il est en effet démontré par la théorie du levier, qu'il ne peut y avoir d'équilibre avec cette espèce de machine, qu'autant que les masses sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui. Il faudra donc nécessairement, dans la supposition présente, un poids comme 12, dans le bassin suspendu au plus court des deux bras, pour équilibrer un poids comme 11, dans le bassin opposé.

Qu'on juge maintenant de l'abus que peut faire de cet instrument un joaillier de mauvaise foi qui connoîtroit le défaut de sa balance. Il vendroit pour un diamant de 12 karats celui qui n'en peseroit que 11, en le mettant dans le bassin qui seroit suspendu au plus long des deux bras.

La fraude seroit encore plus grande, le préjudice plus considérable, si le diamant pesoit davantage. Il y auroit une erreur de 8 karats sur un diamant qui en peseroit quatre-vingt-seize ; elle seroit plus grande encore s'il s'agissoit d'un plus gros diamant, & ceux qui connoissent le tarif du prix de cette marchandise,

sentent combien cette erreur seroit préjudiciable à l'acquéreur.

S'il étoit permis de faire tomber dans son propre piége l'homme injuste & de mauvaise foi, qui abuse de notre confiance, il seroit facile de faire tourner à son désavantage l'instrument de sa fraude, en l'obligeant seulement de transporter la marchandise de l'un des bassins dans l'autre. Cet échange fait, on auroit en sus du véritable poids, celui qu'il avoit dessein de dérober, & même quelque chose au-delà. Un calcul très-facile à faire le démontre incontestablement.

Un poids de 12 karats qui agit sur l'extrémité du bras d'une balance, dont la longueur est exprimée par 12,

fait sur l'axe de cette balance un effort égal à 144, produit de sa masse 12 par sa distance 12 au point d'appui, ou par la vîtesse qu'il auroit si la balance venoit à se mouvoir. Il faut donc que le poids placé dans le bassin opposé, pareillement multiplié par sa distance au même point d'appui, donne pour produit 144. Or, je demande quel est le poids qui, multiplié par 11, puisque la distance, dont il est ici question, est supposée égale à 11, donnera au produit 144.

Pour le trouver ce poids, il ne s'agit que de diviser 144 par 11, & le quotient $13\frac{1}{11}$, indiquant le poids cherché, montrera ce qu'on auroit à gagner dans la supposition donnée.

Je conclus donc qu'en faiſant changer de baſſin & la marchandiſe & les poids, on aura en ſus du véritable poids, quelque choſe au-delà de ce que le marchand avoit deſſein de dérober.

Mais perſuadé, comme je le ſuis, que de faire tourner à ſon avantage la cupidité d'un homme de mauvaiſe foi, ce ſeroit commettre une injuſtice, j'indiquerai un moyen de connoître le véritable poids d'une marchandiſe peſée dans une balance frauduleuſe de l'eſpèce de celle dont je viens de parler. A la vérité, ce moyen ne peut être pratiqué que par ceux qui ſont au fait du calcul des puiſſances ; n'importe : le voici en peu de mots ; en profitera qui pourra.

Placez la marchandise dans l'un des bassins de la balance, n'importe lequel, & cherchez le poids qu'il faut mettre dans l'autre pour lui faire équilibre ; tenez compte de ce poids, & recommencez l'opération, après avoir changé la marchandise de bassin. Il faudra sans doute un autre poids, pour retrouver l'équilibre. Dès que vous l'aurez connu, multipliez-le par le précédent, & cherchez ensuite la racine quarrée du produit : cette racine indiquera le véritable poids de la marchandise.

Je finis ce qui concerne la balance, par une observation qui mérite de trouver ici sa place.

La grande mobilité de cette machine est une de ses qualités les

plus précieuſes. Or, cette qualité s'altère & diminue dans toute balance, à meſure que les baſſins ſont plus chargés, parce que la charge ſe portant ſur l'axe, elle augmente ſon frottement.

On remédie juſqu'à un certain point à cet inconvénient, lorſqu'il s'agit de peſer de gros fardeaux, en ſubſtituant une balance romaine à une balance ordinaire; & cela, parce que l'axe de la romaine ne porte point la charge des poids relatifs, mais ſeulement des poids abſolus; je m'explique.

Un poids de cent livres, par exemple, ne peut être en équilibre dans une balance ordinaire que par un contre-poids de cent livres, &

alors l'axe de la balance eſt chargé de deux cents livres.

Avec une romaine, au contraire, un poids d'une livre peut équilibrer un poids de cent livres. Il ſuffit pour cela que le poids d'une livre ſoit ſuſpendu à l'extrémité d'un bras cent fois plus long que celui qui ſoutient le poids de cent livres; puiſqu'alors les maſſes ſont en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui : or, dans cette ſuppoſition, l'axe de la romaine n'eſt point chargé de deux cents livres, ſomme des poids relatifs, mais ſeulement des poids abſolus, qui ſont ici, cent livres d'un côté & une livre de l'autre.

L'expérience confirme parfaitement

cette assertion : d'où il résulte que dans une forte pesée, l'axe d'une romaine doit être plus mobile que celui d'une balance ordinaire, & conséquemment qu'il est alors avantageux de la préférer à cette dernière.

La poulie est la seconde des machines simples qu'on rapporte au levier. C'est un plan circulaire qui tourne sur son axe, & cet axe est le point d'appui sur lequel la puissance & la résistance s'exercent.

Celles ci sont appliquées aux extrémités d'une corde qui embrasse une portion de la circonférence du plan circulaire, & cette circonférence est creusée en forme de gorge qui reçoit & retient la corde.

Ne considérant dans une poulie de cette espèce, attachée fixement au point D, (*Planche 1, Fig. 1*) que le diamètre A B, sur les extrémités A & B duquel s'appuie la corde qui embrasse la demi-circonférence A E B, on concevra facilement que tout l'effort des poids P & Q, suspendus de part & d'autre à cette corde, se porte sur les points A & B du diamètre A B.

Or, comme ces deux points, ainsi que tous ceux qui terminent les autres diamètres, qui succèdent à celui-ci dans la révolution de la poulie, & sur lesquels les mêmes poids P & Q exercent successivement leur effort, sont tous également

éloignés du centre C, ou de l'axe de la poulie, il s'enfuit qu'une poulie fixe repréfente une fucceffion de leviers du premier genre dans chacun defquels la puiffance & la réfiftance font également éloignées du point d'appui, & conféquemment que les poids P & Q doivent être égaux pour fe faire équilibre.

De là je conclus que la puiffance ne gagne rien en force, dans le fervice de cette machine; elle n'acquiert d'autre avantage que celui d'agir d'une manière plus favorable, en ce qu'elle agit conformément à la direction de la pefanteur, & cet avantage eft connu de tout le monde.

Qui ignore, en effet, qu'en fe fervant du bras de l'homme pour tirer

un ſeau d'eau, par exemple, il ne lui ſoit bien plus avantageux de tirer de haut en bas la corde à laquelle ce ſeau eſt attaché, lorſquelle paſſe ſur la circonférence d'une poulie fixée au-deſſus de l'ouverture du puits, que de tirer à lui & de bas en haut la même corde, qui gliſſeroit ſimplement ſur la margelle du puits.

Veut-on lui rendre ce ſervice plus facile encore, ou moins pénible? il faut qu'au lieu de rouler dans les yeux de la châſſe, l'axe de la poulie ſoit appuyé de part & d'autre ſur l'interſection de deux rouleaux mobiles adaptés aux deux côtés de la châſſe.

Dans ce cas, comme dans le

précédent, la puissance n'en a pas moins à équilibrer la totalité du fardeau; mais si elle doit le surmonter, elle le surmonte plus facilement, puisque la machine est plus mobile, en ce qu'elle éprouve moins de frottement.

Il est certains cas où la puissance trouve bien plus d'avantage encore dans le service des poulies; c'est lorsquelles sont multipliées. Veut-on, par exemple, soulager la puissance au point qu'elle n'ait que la moitié du fardeau à porter ? deux poulies suffisent, & voici de quelle manière il faut les disposer.

Suspendez le fardeau Q sous l'axe d'une poulie mobile M, (*Planche 1, Fig. 2,*) qui fera elle-même partie

du fardeau, & s'élevera avec lui, tandis que la puiſſance P agira à l'aide d'une poulie fixe F, en tirant la corde qui embraſſe ces deux poulies, & qui eſt fixement attachée au point *d*.

Dans cette diſpoſition, la poulie devient une machine compoſée, & elle offre à la puiſſance un levier du ſecond genre, dans lequel le point d'appui eſt une fois plus proche de la réſiſtance que de la puiſſance. D'où je conclus qu'à l'aide de cette machine, une puiſſance comme 1 eſt en état d'équilibrer une réſiſtance comme 2; ou qu'elle n'a que la moitié du fardeau à ſoutenir.

Suivons en effet les révolutions de la corde, dans ce ſyſtême de

poulies, étudions les positions respectives du point d'appui, de la puissance & de la résistance, & nous serons convaincus de la vérité de cette assertion.

L'une des extrémités de cette corde est fixement arrêtée au point *d.* D'où elle part pour venir embrasser la demi-circonférence inférieure de la poulie mobile M, sous l'axe de laquelle le fardeau Q est suspendu; de là elle passe sur la demi-circonférence supérieure de la poulie fixe F, attachée au point D, & la puissance P, appliquée à l'extrémité P de cette corde, agit selon la direction A P.

Cette disposition connue, si nous considérons cette machine dans son

état de repos, ou d'équilibre, nous verrons ſon point d'appui en *d*, où la corde eſt attachée ; mais comme cette corde s'applique ſur l'extrémité *b* du diamètre *a b* de la poulie mobile M, c'eſt à ce point *b* où le point d'appui doit être rapporté.

La réſiſtance, ou le fardeau Q étant ſuſpendu à la châſſe de la même poulie, tout ſon effort ſe porte ſur ſon axe où ſe réunit le poids de la poulie, qui fait elle-même partie du fardeau. La réſiſtance eſt donc éloignée du point d'appui de la quantité *c b*, ou de la longueur d'un des demi-diamètres de la poulie.

Enfin la puiſſance P, appliquée à l'extrémité de la corde, ne trouvant

d'autre avantage dans la poulie fixe F, que d'agir d'une manière plus commode, elle agit ici comme elle agiroit, si placée au point B elle tiroit la corde de bas en haut, selon la direction *a* B. Son action s'exerce donc sur l'extrémité *a*, du diamètre *a b* de la poulie mobile, & conséquemment elle peut & elle doit être rapportée à ce point, où elle est éloignée du point d'appui *b*, de toute la longueur du diamètre *a b*, ou du double de la distance à laquelle la résistance est située par rapport au même point d'appui.

La poulie mobile M fait donc ici fonction d'un levier du second genre, dans lequel la puissance est une fois plus éloignée que la résis-

tance du point d'appui ; d'où je conclus que les maſſes devant être réciproques aux diſtances, pour le cas d'équilibre, une maſſe comme 1, doit, à l'aide de cette machine, équilibrer une maſſe comme 2, ou que la puiſſance P ne ſoutient ici que la moitié du fardeau Q.

J'obſerverai cependant que cette aſſertion n'eſt exactement vraie qu'autant que les cordes ſont parallèles entre elles, comme on le remarque dans la figure, & non telles qu'on a coutume de les diſpoſer dans la pratique ordinaire, où au lieu d'attacher la corde à un point fixe *d*, ſéparé des poulies, on l'attache à un crochet V, qui ſe trouve à l'extrémité du prolongement de la

châſſe de la poulie fixe F ; ce qui rend oblique l'action de la puiſſance, & lui fait perdre une partie de ſa force.

On peut multiplier le nombre des poulies, dans la même ou dans différentes châſſes, & de cette multiplication de poulies, qu'on appelle *mouffles* ou *poulies moufflées*, naiſſent différens ſyſtêmes de poulies compoſées qui tournent plus ou moins au profit de la puiſſance. J'abandonne aux Méchaniciens le ſoin de décrire & de faire connoître les avantages de ces ſortes de machines que nous ſommes à portée de voir tous les jours. Ces détails n'intéreſſent que ceux qui ont beſoin d'en faire uſage. Je paſſe donc à la

dernière des machines ſimples qui ſe rapportent au levier.

Celle-ci eſt un cylindre plus ou moins long qui ſe meut circulairement ſur les extrémités de ſon axe, & comme cet axe peut être diſpoſé de deux manières différentes, on diſtingue cette machine en deux eſpèces.

Son axe eſt-il diſpoſé parallèlement à l'horizon, c'eſt un *tour* ou un *treuil*; c'eſt un *vindas* ou un cabeſtan, lorſque cet axe eſt perpendiculaire à l'horiſon.

Rien de plus multiplié que ces ſortes de machines, ou au moins la première; on trouve preſque partout des tours; on en voit à la bouche de preſque tous les puits,

& on les fait mouvoir à l'aide d'une ou de deux manivelles; la corde qui y eſt attachée s'enveloppe ſur leur circonférence, & le ſeau monte à proportion qu'on les fait tourner.

Si on fait abſtraction de la manivelle qui le conduit, le tour n'eſt qu'un aſſemblage de poulies fixes, adoſſées les unes aux autres, & comme enfilées ſur le même axe. De là on conçoit que ſi la corde, embraſſant la demi-circonférence du tour, pendoit librement de chaque côté, la puiſſance & la réſiſtance agiroient ſur deux points diamétralement oppoſés de ſa circonférence, & à même diſtance de l'axe, dont tous les points, pris ſur ſa longueur, font ſucceſſivement fonction de point

d'appui ; elles ne pourroient donc être en équilibre entre elles, qu'autant que leurs masses seroient égales.

Dans cette disposition, la puissance n'auroit aucun avantage sur la résistance, & c'est pour lui en procurer un qu'on adapte à cette machine une manivelle dont le bras est plus long que le rayon, ou le demi-diamètre du tour.

On doit donc considérer le bras de cette manivelle comme le prolongement d'un des rayons de la machine, & par ce moyen, la puissance appliquée à son extrémité, se trouve d'autant plus éloignée du point d'appui, que la longueur de ce bras excède davantage celle du rayon du tour à l'extrémité duquel

la résistance reste constamment appliquée, étant attachée à la corde qui embrasse la circonférence de cette machine.

Veut-on connoître ce que gagne ici la puissance ? la proportion suivante l'indique, en nous apprenant le rapport qui doit se trouver entre la puissance & la résistance, pour qu'elles soient en équilibre. Il faut, dans ce cas, que la puissance soit à la résistance, comme la longueur du rayon du tour est à celle du bras de la manivelle.

De là, si on suppose que la longueur de ce bras soit double de celle du rayon du tour, une puissance comme 1 sera en état d'équilibrer une résistance comme 2, & c'est beau-

coup pour une machine de cette eſpèce, dans laquelle le bras de la manivelle ne peut excéder en longueur le bras de l'homme qui la fait mouvoir.

Pour rendre donc cet avantage ſupérieur à celui qu'on pourroit attendre d'une ſimple manivelle, on lui ſubſtitue des leviers croiſés qui traverſent l'épaiſſeur du tour, & cet inſtrument facile à tranſporter partout où l'on peut en avoir beſoin, procure un avantage d'autant plus grand que ces leviers ſont plus longs; ce qui ſe conçoit facilement; puiſqu'ils ſervent à éloigner la puiſſance, tandis que la réſiſtance demeure conſtamment dans le même degré d'éloignement du point d'appui.

Ainſi

Ainſi conſtruit, muni de leviers qui le font mouvoir, le tour s'appelle plus généralement un *treuil*; mais il faut obſerver que la puiſſance ne trouve point toujours dans cette machine tout l'avantage qu'elle déſireroit avoir ſur la réſiſtance, & cela, parce qu'on ne peut prolonger autant qu'il le faudroit la longueur de ces leviers. On conçoit en effet qu'ils s'écartent les uns des autres à meſure qu'ils ſe prolongent : or, s'il ſont trop écartés, après en avoir abaiſſé un, le bras de l'homme ne pourra atteindre le ſuivant. L'avantage de la puiſſance ſe trouve donc ſouvent trop borné dans l'uſage de cette machine.

Pour remédier à cet inconvénient,

on lie entre eux ces leviers, on les embraſſe avec des jantes qu'on y adapte, ce qui forme une roue ſur le plan, & vers la circonférence de laquelle on fixe des chevilles qui la traverſent, & cette roue eſt ce qu'on appelle *une roue de carrière*, parce qu'on en fait plus communément uſage pour tirer des pierres du fond des carrières.

On conçoit qu'en s'appuyant ſucceſſivement ſur les chevilles de cette roue, les hommes qui la font mouvoir, ou la puiſſance eſt éloignée du point d'appui de toute la longueur d'un de ſes demi-diamètres, & conſéquemment qu'elle y trouve d'autant plus d'avantage contre la réſiſtance

que le diamètre de cette roue eſt plus grand.

D'après ce que nous venons de dire, on comprend facilement, & ſans qu'il ſoit néceſſaire d'entrer dans un plus long détail, que la *chèvre*, le *gruau*, la *grue*, & pluſieurs autres machines de cette eſpèce, dont on ſe ſert ordinairement pour élever les matériaux des édifices, ne ſont, à proprement parler, que des treuils diſpoſés convenablement au ſervice qu'on en attend.

Juſque-là cette machine, de quelque manière qu'elle ſoit conſtruite, ne peut ſervir qu'à élever ou à faire deſcendre des fardeaux; mais lorſqu'il s'agit de les tirer à ſoi, de les faire avancer ſur le

terrain, alors on change la position de son axe. Au lieu donc d'être parallèle à l'horizon, comme il l'est dans les machines précédentes, on le dispose perpendiculairement à l'horison, & dans ce cas, cette machine change de nom, ainsi que je l'ai remarqué précédemment : ce n'est plus un *tour* ou un *treuil*; c'est un *vindas*, ou un *cabestan*. On la fait mouvoir avec des leviers croisés, qui traversent sa tête; ou l'extrémité supérieure du tour; & qui sont disposés parallèlement à l'horison à une hauteur convenable pour que l'homme puisse les faire mouvoir commodément.

Cette machine fait encore fonction

d'un levier du premier genre, dont les bras feroient inégaux, & la même analogie que nous avons indiquée pour le treuil, nous apprend quel doit être ici le rapport de la puiſſance à la réſiſtance pour qu'il y ait équilibre : il faut encore que la puiſſance ſoit à la réſiſtance, comme le demi-diamètre, ou le rayon du tour eſt à la longueur des leviers dont on ſe ſert pour le faire mouvoir.

On voit très-fréquemment de ces ſortes de machines ſur les ports ; elles y ſont avantageuſement employées à débarquer & à amener à terre de très-lourds fardeaux. On s'en ſert également pour les embarquer ; elles ſont encore employées à

bien d'autres uſages qu'il eſt inutile d'indiquer : je paſſe donc à la ſeconde eſpèce des machines ſimples.

SECONDE SECTION.

Du Plan incliné.

Un plan incliné eſt un plan qui fait un angle avec l'horiſon. Il eſt d'autant plus incliné que cet angle eſt plus petit, moins ouvert ou plus aigu, c'eſt le terme propre. Je poſe ce livre ſur une table, je l'entrouvre dans une partie quelconque de ſon épaiſſeur ; la partie ſoulevée me montre un plan incliné, & ce plan eſt d'autant plus incliné que le livre eſt moins ouvert. Une figure rendra

cela plus ſenſible, & pour que cette figure ſoit moins confuſe, je ne repréſenterai les plans que par de ſimples lignes.

Soit donc le plan incliné E B, (*Planche 1*, *Fig. 3*), formant avec le plan horiſontal A B, l'angle E B A, meſuré par l'arc A E, plus petit que l'arc A D, qui meſure l'angle D B A, formé par le plan incliné D B, & le même plan horiſontal A B; le premier de ces deux plans eſt évidemment plus incliné que le ſecond.

On diſtingue dans tout plan incliné ſa longueur, qui demeure invariable, & ſa hauteur qui varie à raiſon de ſon inclinaiſon. La longueur des deux plans inclinés E B

& D B eſt la même, comme celle de deux rayons d'un même cercle ; mais leurs hauteurs ſont bien différentes. Celle du plan E B ſe meſure par la perpendiculaire E e, abaiſſée de ſon ſommet ſur le plan horizontal A B ; celle du plan B D ſe meſure par la perpendiculaire D b, pareillement abaiſſée de ſon ſommet ſur le même plan A B : or celle-ci eſt évidemment plus grande que la première, & on conçoit qu'elle augmenteroit encore en longueur, ſi le plan s'élevoit davantage, & que ſon inclinaiſon fût moindre.

De quelque quantité qu'il ſoit incliné, il ſuffit qu'il le ſoit pour favoriſer la puiſſance qui s'en ſert à élever un corps ſur ſa longueur ;

parce que, dans toute quantité donnée d'inclinaison, il soutient une partie du poids de ce corps, & conséquemment il soulage la puissance d'une partie de l'effort qu'elle auroit à faire, si elle avoit à soutenir la totalité de son poids.

On comprendra facilement la vérité de cette assertion, si on considère qu'en vertu de son inclinaison, supposons E B, ce plan participe à la nature du plan horisontal A B, qui soutiendroit entièrement le poids d'un corps qui reposeroit sur lui. Il participe aussi à la nature du plan vertical B C, qui ne soutiendroit aucune portion de ce poids, si le corps avoit à se mouvoir en s'élevant selon la hauteur de ce plan.

Plus donc il ſera incliné, plus il participera à la nature du plan horiſontal, & plus il ſoutiendra du poids du corps qui ſe mouvra ſur lui. L'avantage de la puiſſance croîtra donc à raiſon de ſon inclinaiſon; mais pour déterminer plus préciſément cet avantage, je conſidère qu'à meſure que le plan s'incline, ſa hauteur diminue, ſa longueur reſtant la même; d'où je conclus que l'avantage qu'il procure à la puiſſance, croît en raiſon inverſe ou réciproque de ſa hauteur; je veux dire que la puiſſance a d'autant moins d'effort à faire pour ſoutenir un corps ſur un plan incliné, que la hauteur de ce plan eſt plus petite, toutes choſes égales d'ailleurs.

C'eſt d'après cette obſervation bien méditée, que les mathématiciens comparent ici le poids total de la réſiſtance à la longueur du plan incliné, & ce qui reſte de ce poids à ſoutenir ſur ce plan à ſa hauteur; & ils démontrent : qu'il y a équilibre entre une puiſſance & une réſiſtance qui agiſſent l'une contre l'autre, ſur un plan de cette eſpèce, lorſque la puiſſance eſt à la réſiſtance, comme la hauteur du plan eſt à ſa longueur.

L'expérience juſtifie on ne peut mieux cette théorie : elle prouve qu'une puiſſance comme 1, équilibre une réſiſtance comme 2, ſur un plan incliné, dont la hauteur n'eſt que la moitié de ſa longueur. Cette règle

eſt générale dans tous les cas poſſibles où l'on emploie cette machine à laquelle les deux ſuivantes ſe rapportent.

D'abord le *coin*, qui eſt, à proprement parler, un plan incliné, lorſqu'il eſt ſimple, ou un double plan incliné, lorſque deux coins ſont adoſſés l'un à l'autre, comme il arrive aſſez ſouvent. Dans le premier cas, cette machine ſert à ſoulever des fardeaux, en la faiſant gliſſer deſſous depuis ſon extrémité aiguë juſqu'à ſa tête. Dans cette opération, le fardeau eſt élevé de toute la hauteur de la tête du coin, qui repréſente la hauteur du plan incliné.

Plus fréquemment le coin eſt double, comme compoſé de deux coins

adossés l'un à l'autre. Dans ce cas, il est particulièrement destiné à fendre & à écarter les parties d'un corps, tel qu'une bûche.

On commence par lui frayer un chemin entre les parties qu'on veut séparer; on l'engage ensuite dans ce chemin par son extrémité tranchante, & à coups redoublés qu'on frappe sur sa tête, avec un maillet, on parvient à l'enfoncer entièrement & à fendre la bûche.

Cette pratique est généralement connue de tout le monde, ainsi que la machine dont on fait alors usage; mais ce que tout le monde ne connoît point aussi bien; c'est cette multiplicité de coins dont on se sert habituellement, sans que la plûpart de

ceux qui s'en servent y fassent attention, & les reconnoissent pour de véritables coins.

Qui croiroit que tous les instrumens tranchans, à commencer par la lancette du chirurgien, le scalpel de l'anatomiste, le rasoir du barbier, le couteau dont tout le monde se sert, jusqu'à la serpette du jardinier, la coignée du bûcheron, & quantité d'autres que j'omets, sont autant de coins particuliers ? c'est cependant une vérité incontestable, & dont on se persuadera facilement en considérant les deux surfaces inclinées de tous ces instrumens, surfaces qui se réunissent, & forment entre elles un angle plus ou moins aigu.

Bien qu'arrondies ſur leurs longueurs, les épingles & les aiguilles ſont auſſi de petits coins, à raiſon de leurs pointes effilées, où viennent aboutir les côtes inſenſibles qui règnent le long de leur pourtour, & qu'on doit regarder comme autant de faces qui concourent à former le coin. La pointe en eſt l'angle ſolide, & c'eſt cet angle qui fait la partie eſſentielle de ces machines auſſi précieuſes que communes.

Si le levier ſe trouve par-tout, le coin n'eſt peut-être pas moins répandu. Laiſſant à part l'uſage qu'on fait quelquefois de celui-ci pour ſoulever un corps, je conçois qu'il agit de deux manières dans les autres circonſtances. Il agit en preſſant, à

l'aide d'une force qui le frappe, ou qui le pouſſe, & tout le monde connoît cette façon d'agir ; tout le monde ſait qu'en frappant la tête d'un coin, engagé dans l'épaiſſeur d'une bûche, il s'y enfonce & il la fend. Tout le monde ſait également qu'en pouſſant la tête d'une épingle ou d'une aiguille, elle entre dans l'étoffe ou dans la toile qu'elle perce.

Mais ce que tout le monde ne ſait pas, & ce qui n'eſt pas moins conſtant cependant, c'eſt que la plûpart des coins agiſſent à la manière d'une ſcie, en déchirant le corps ſur lequel on les traîne ; c'eſt de cette manière ſur-tout qu'agiſſent tous les inſtrumens tranchans, qui

ſont, comme nous l'avons obſervé précédemment, de véritables coins. On les traîne, pour ainſi dire, ſur les corps qu'on veut couper, & ils les ſcient.

Quelque droit que paroiſſe le tranchant d'un couteau, par exemple, il ne l'eſt cependant point abſolument; il eſt hériſſé de petites dents, mais ſi fines & ſi déliées, qu'elles ſont imperceptibles à l'œil : or, bien qu'inviſibles, elles n'en n'exiſtent pas moins pour cela, & elles font éprouver, au corps ſur lequel on les traîne, l'effet d'une véritable ſcie.

Auſſi remarquons-nous qu'on n'a pas beſoin d'appuyer fortement la lame d'un couteau, pour qu'il coupe,

en ſciant les morceaux qu'on veut ſéparer. Auſſi remarquons nous encore que cette lame ne coupe pas auſſi bien après un certain temps de ſervice, parce que ſes dents ſe ſont uſées : il faut, pour les faire renaître, qu'elle ſoit repaſſée ſur une pierre à aiguiſer.

Voilà en abrégé les idées les plus préciſes que nous puiſſions nous former du coin, de ſa diverſité, & de ſa manière d'agir. Nous ſavons, & nous ne pouvons douter que cet inſtrument ne ſoit un plan incliné, plus ſouvent même un double plan de cette eſpèce ; mais ce qui nous intéreſſeroit davantage à ſavoir, c'eſt l'avantage que trouve la puiſſance dans le ſervice de cette machine, or c'eſt préciſément, non ce que

nous ignorons, mais ce qui fait l'objet d'une contestation qui subsiste depuis long-temps entre les plus célèbres méchaniciens.

L'opinion cependant qui paroît la mieux fondée & la plus conforme à l'expérience, si on peut s'en rapporter à elle, dans une circonstance ou l'imperfection irremédiable de la machine nous avertit d'être circonspects sur les résultats qu'elle présente, l'opinion, dis-je, la mieux fondée nous apprend que dans le coin simple, tel que A B C, (*Planch.* 1, *Fig.* 4) la puissance doit être à la résistance, pour le cas d'équilibre, comme l'épaisseur de sa tête A B, est à sa hauteur B C.

Mais s'il s'agit d'un coin double

tel que A D C, (même figure), la puissance doit être à la résistance, comme l'épaisseur de la tête A D est au double de sa hauteur B C, & dans le fait l'expérience s'éloigne très-peu de cette théorie, qu'elle confirmeroit peut-être absolument, si on pouvoit parer aux défauts inévitables de cette machine.

La *vis* est la seconde des machines simples qu'on rapporte au plan incliné. On s'en formera une juste idée, en la considérant comme un cylindre ou un cône fort alongé, sur la longueur duquel on a creusé une gorge qui l'enveloppe en forme de spirale.

On distingue deux choses dans une vis; son *filet* & son *pas*. Le filet est cette partie saillante du cylindre

qui règne entre chaque tour de la gorge ſpirale ; le pas eſt la diſtance qui ſépare chacun des filets de la vis : or, un filet de vis développé préſente un plan incliné, dont la hauteur eſt marquée par ce qu'on appelle le pas de la vis, & la longueur par le pourtour d'un de ſes filets.

Si au lieu d'être creuſée ſur la longueur d'un cylindre, la gorge, dont nous venons de parler, l'étoit dans la circonférence d'un trou circulaire, elle formeroit une autre eſpèce de vis qu'on appelle un *écrou*.

Celui-ci eſt deſtiné à recevoir les filets d'une vis proprement dite, & pour cela, on conçoit que l'ouver-

ture de l'écrou, ainsi que les pas de vis qui y sont creusés doivent être proportionnés à la grosseur & aux pas de la vis qui doit s'y introduire, de manière que les filets de celle-ci puissent s'engager & s'emboîter exactement entre les filets de l'autre. Dans un casse-noisette, par exemple, la queue porte la vis, & la boîte dans laquelle on renferme la noisette présente l'écrou.

Ces deux espèces de vis sont inséparables dans les machines qui servent à pousser des corps, à les presser, & à les contenir en situation. Il est peu de cas où l'écrou soit inutile, si nous en exceptons ceux dans lesquels on emploie des *vis en bois*; celles-ci sont taillées de manière qu'elles for-

ment elles-mêmes leurs écroux dans l'épaiſſeur du bois dans lequel on les fait entrer; mais elles ſont tout-à-fait étrangères à l'objet dont il eſt ici queſtion.

On conçoit facilement que les pas d'une vis une fois engagés entre ceux de ſon écrou, les parties qui ſe touchent doivent éprouver un très-grand frottement, ſur-tout lorſque le corps contre lequel on la fait agir, lui fait ſupporter ſon poids, & que ce poids eſt très-conſidérable.

Ce frottement, qu'on cherche à diminuer, autant qu'il eſt poſſible, dans toute autre machine, comme nuiſible à l'avantage qu'on en attend, devient très-utile dans le ſervice de la vis. Il concourt à retenir la réſiſtance dans le

ſituation à laquelle la puiſſance l'a réduite, lors même que celle-ci ceſſe d'agir. Un morceau de fer, par exemple, ſerré entre les mâchoires d'un étau, y demeure conſtamment ſerré, quoique le ſerrurier abandonne à elle-même la vis qu'il a fait avancer juſqu'à un certain point dans l'écrou que porte la mâchoire fixe de cet outil.

Pour déterminer maintenant l'avantage qu'une puiſſance donnée trouve dans l'uſage de cette machine, il faut comparer, non les vîteſſes avec leſquelles la puiſſance & la réſiſtance ſe meuvent enſemble pendant l'action de cette machine, ce rapport ſeroit ſouvent difficile à ſaiſir, & d'ailleurs il eſt des cas

où la

où la résistance demeure sensiblement immobile sous l'effort de la vis qui la presse : ce qu'il faut donc comparer, c'est la vîtesse avec laquelle la puissance se meut à celle avec laquelle la vis avance dans son écrou.

Pour les bien connoître ces deux sortes de vîtesses, il suffit de déterminer le chemin que font la puissance & la vis dans le même-temps, & voici une méthode aussi simple que certaine pour mesurer ces chemins.

Supposons la puissance appliquée à l'extrémité d'un levier qui traverse la tête de la vis, comme on l'observe dans l'étau du serrurier. Considérons ensuite qu'elle parcourt la circonférence entière d'un cercle,

dont ce levier eſt un des rayons; tandis que la vis n'avance que d'un ſeul pas dans ſon écrou.

Il faut donc, pour le cas d'équilibre, que la puiſſance ſoit à la réſiſtance, comme la hauteur du pas de la vis eſt à la circonférence du cercle que décrit la puiſſance, à chaque révolution de la vis.

J'ai ſuppoſé ici une vis dont la tête étoit traverſée par un levier, & cela, pour rendre plus ſenſible le chemin que fait la puiſſance; mais pour peu qu'on y réfléchiſſe, on comprendra que chaque tête de vis, ſoit ronde, ſoit aplatie, comme elles le ſont preſque toutes, étant plus groſſe que le cylindre ſur lequel les pas de la vis ſont creuſés, la puiſ-

ſance qui la fait mouvoir circulairement agit toujours par un levier plus ou moins long, levier qu'on peut facilement rapporter à celui qui mène la vis d'un étau. On doit donc conſerver la même analogie pour toutes ces ſortes de vis, & même pour celles dont la tête eſt fendue, afin qu'elle puiſſe recevoir la pelle d'un tourne-vis. Le manche de cet inſtrument offre manifeſtement un levier plus ou moins long à la puiſſance qui le conduit circulairement.

Avant de terminer cet article, nous dirons un mot de la *vis d'Archimède*, ainſi nommée du nom de ſon auteur, ce célèbre mathématicien, qui parvint, à l'aide d'un miroir ardent qu'il conſtruiſit, à

brûler, à une très-grande distance, la flotte de *Marcellus*, & à prolonger le siége de Syracuse sa patrie, par le secours de différentes machines qu'il imagina. S'il n'eût fallu que du génie pour sauver cette ville, toutes les forces des Romains se fussent épuisées contre les ressources d'*Archimède*. Elle fut prise enfin, & ce grand homme périt misérablement de la main d'un soldat, au moment où il étoit occupé à résoudre un problême; mais revenons à sa machine.

Elle est formée d'un tube fait d'une matière assez flexible pour se courber & embrasser, en manière de spirale, la longueur d'un cylindre, qu'on fait mouvoir circulairement

ſur deux pivots qui terminent ſon axe.

La partie ou l'extrémité inférieure du tube doit être évaſée, en forme de bouche ou de cuiller. L'axe de la machine, & conſéquemment la vis doit être diſpoſée obliquement à l'horiſon, & de manière que la cuiller, dont nous venons de parler, plonge entièrement, pendant ſes révolutions, dans la maſſe d'eau qu'on veut élever.

Ainſi conſtruite & diſpoſée, ſi on fait tourner cette machine ſur ſon axe, la cuiller, qui plonge dans l'eau, s'en remplit, & elle paſſe de cette cuiller dans la première hélice de celle-ci dans la ſeconde, & ainſi de ſuite d'hélices en hélices, juſqu'à

doit évacuer, & cela, parce qu'on perd environ les trois quarts du temps pendant lequel on la fait agir.

On s'en aſſurera facilement, ſi on fait attention que l'eau ne coule à l'extrémité de la vis que pendant un quart, ou environ de chacune de ſes révolutions. Cette machine n'eſt donc, à proprement parler, qu'une très-belle machine dont on ne peut tirer de grands ſervices. Si j'en ai parlé, ce n'a été qu'à deſſein de rendre hommage au génie de ſon auteur.

Dans le fait, elle offre quelque choſe de bien ſurprenant au premier aſpect. On diroit que l'eau s'élève dans cette vis contre la loi

générale de la gravité, en dépit de ſon propre poids, qui la ſollicite à tomber. Cependant, dès qu'on vient à conſidérer la poſition ſucceſſive des hélices, on voit que ce ſont autant de plans inclinés qui ſe ſuccèdent dans la révolution de la machine, & que l'eau deſcend continuellement ſur chacun de ces plans.

On le démontre à l'aide d'une ſemblable machine, dont les hélices ſont creuſées à jour, & ſur leſquelles on fait mouvoir une boule de métal ou une bille d'ivoire.

Sans entrer dans de grands détails ſur les machines compoſées dont on peut facilement calculer & eſtimer les avantages, en conſidérant ceux que doit leur procurer chacune des

machines simples qui entrent dans leur composition, nous nous arrêterons un moment à la considération de ces sortes de machines, à dessein de faciliter à nos lecteurs l'application du principe général que nous allons établir, & dans lequel ils trouveront le rapport que doivent avoir la puissance & la résistance pour se faire équilibre dans une machine composée.

APPENDICE.

Des Machines composées.

Nous l'avons dit précédemment; une machine composée n'est qu'un assemblage de plusieurs machines,

ſimples ; elle doit donc réunir en elle tous les avantages de celles qui entrent dans ſa compoſition, & le ſien doit être égal au produit de tous les autres. L'expérience vient on ne peut mieux à l'appui de cette aſſertion ; mais nos Lecteurs préféreront ſans doute un raiſonnement qui les mettra à portée de calculer eux-mêmes l'avantage d'une machine compoſée, & je m'en tiendrai à cette démonſtration ſur un aſſemblage de pluſieurs leviers.

Pour éviter toute complication de calcul, je ſuppoſe trois leviers du premier genre, parfaitement ſemblables entre eux, & dont les bras inégaux ſont dans le rapport de 1 à 4. Je ſuppoſe encore que l'inégalité de

leurs bras eſt rachetée, & que, ſéparément pris, ils ſont en équilibre entre eux, par le moyen des petites maſſes *a*, *a*, *a*, (*Planche 1*, *Fig. 5*) appliquées à l'extrémité du plus court de leurs bras.

Je ſuppoſe enfin qu'ils ſont articulés entre eux de manière que l'extrémité A du plus long bras A C, du premier levier A B, dont le point d'appui eſt en C, eſt immédiatement au-deſſous, & touche le plus court bras D F du ſecond levier D E, dont le point d'appui eſt en F, & que l'extrémité E du plus long bras F E de celui-ci, repoſe ſur le plus court bras G I du troiſième levier G H, dont le point d'appui eſt en I.

Cette position connue, on conçoit que l'extrémité B du premier levier ne peut s'abaisser que l'extrémité H du troisième ne s'élève en sens contraire.

Cela posé, il est facile de démontrer que dans cet appareil, l'avantage de la puissance sur la résistance, est comme le produit de tous les avantages qu'elle tire séparément de chacun des leviers qui entrent dans la composition de celui-ci.

D'après la supposition donnée, cet avantage est comme 4 dans chacun d'eux pris séparément; puisqu'ils sont tous semblables, & que la longueur de leurs bras étant dans le rapport de 1 à 4, une puissance appliquée à l'extrémité du plus long bras de cha-

cun d'eux, qui équilireroit une résistance comme 4, appliquée à l'extrémité de son autre bras.

Reste donc à démontrer maintenant que, par leur réunion, l'avantage est comme 64, produit des trois avantages 4, multipliés les uns par les autres, ou qu'une puissance P, égale à 1, agissant à l'extrémité H du plus long des bras du troisième levier, doit équilibrer une résistance Q, égale à 64, qui agit à l'extrémité B du plus court bras du premier levier.

Pour le démontrer il ne s'agit que de suivre, de leviers en leviers, la progression selon laquelle l'avantage de la puissance s'accroît. Or, pour cela je considère qu'en ne faisant usage

que du premier levier A B, il est constant, d'après le rapport connu de ses bras, qu'un poids de 16 livres, suspendu à l'extrémité A de ce levier, tiendroit en équilibre un poids de 64 livres suspendu à son extrémité opposée B; puisqu'alors les masses seroient en raison réciproque de leurs distances au point d'appui. La puissance appliquée en A n'auroit donc à contrebalancer ici que le quart de la résistance 64. D'où je conclus que l'extrémité D du second levier D E s'appliquant en A sur le premier, elle n'est poussée de bas en haut qu'avec une force de 16 livres, lorsque l'extrémité B est chargée de 64.

Mais les bras du second levier D E

ſont dans le même rapport de longueur que ceux du précédent. Par conſéquent une puiſſance appliquée à l'extrémité E du ſecond, n'a à ſoutenir & à contrebalancer que le quart de l'effort qui ſe fait ſentir en D, & conſéquemment la ſeizième partie de celui qu'éprouve l'extrémité B du premier levier. D'où je conclus qu'un poids P de 4 livres qui tendroit, à l'aide d'une poulie *b*, à ſoulever l'extrémité E du ſecond levier D E, feroit en équilibre avec le poids Q de 64 livres.

En continuant le même raiſonnement, il eſt évident que l'extrémité G du troiſième levier GH, ne portant d'autre charge que celle qu'elle reçoit de l'extrémité E du

ſecond, elle n'eſt chargée que d'un poids de 4 livres, ou de la ſeizième partie de la charge totale Q. Par conſéquent, le même rapport de longueur ſubſiſtant entre les bras de ce levier, la puiſſance appliquée en H, n'a à ſoutenir que le quart de la charge qui ſe fait ſentir en G, un poids d'une livre, ſuſpendu en H, produira donc cet effet, & fera équilibre à un poids Q de 64 livres, ſuſpendu à l'extrémité B du premier levier.

Il eſt donc évident que l'avantage de la puiſſance ſur la réſiſtance eſt égal, dans cette combinaiſon de leviers, au produit de tous les avantages dont elle jouit ſéparément dans chacun d'eux, & cet exemple ſuffit

pour nous apprendre à décomposer une machine, quelque composée qu'elle soit, & à calculer l'effet qu'elle doit produire. Je passe maintenant à la méchanique des liquides, qui n'est pas moins importante à connoître que celle des solides.



CHAPITRE DIXIÈME.

De la Méchanique des Liquides.

On peut confidérer les liquides de deux manières; 1°. dans un état de ftagnation, je veux dire, renfermés dans différens réfervoirs ifolés, ou communicant les uns aux autres; 2°. comme coulant librement par des ouvertures faites à leurs réfervoirs, ou par des canaux difpofés de manière à ce qu'ils puiffent jaillir, ou enfin dans des lits que la nature ou l'art leur a creufés.

Confidérés fous le premier de ces deux rapports, ils appartiennent à une fcience qu'on appelle *hydroftatique.*

Sous le fecond, ils font du reffort de *l'hydraulique ;* deux fciences également intéreffantes, & dont nous expoferons les principes dans les deux Sections fuivantes.

PREMIÈRE SECTION.

De l'Hydroftatique.

Douées d'une extrême ténuité, d'une ténuité inappréciable, les parties des liquides fe touchent fans contracter d'adhérence, ou cette adhérence eft fi foible, qu'elles cèdent avec la plus grande facilité à leur féparation : il ne faut que leur propre poids pour les féparer les unes des autres.

Soumises à l'action de la pesanteur, qui maitrise toutes les parties de l'univers matériel, elles pèsent les unes sur les autres, & tendent constamment à l'équilibre : elles pèsent encore sur le fond des vaisseaux qui les contiennent, & elles pressent en tous sens leurs parois, ainsi que les corps plongés dans leur sein.

Dans toutes ces circonstances elles suivent des loix constantes & invariables, & ces loix sont l'objet de l'hydrostatique que nous diviserons en cinq paragraphes. Le premier traitera de l'action des liquides en toutes sortes de sens ; le second, de leur pression sur le fond des vaisseaux qui les contiennent ; le troisième & le quatrième, de leur équilibre ; le

cinquième, de la pesanteur spécifique des liquides & des solides.

§. Ier.

De l'action des liquides en toutes sortes de sens.

On conçoit facilement qu'à raison de l'extrême mobilité de leurs parties, les liquides ne peuvent avoir comme les solides, dont les parties sont plus ou moins fortement unies entre elles, un centre commun de gravité. Elles agissent donc toutes solitairement, toutes indépendamment les unes des autres, & en toutes sortes de sens. L'expérience le prouve incontestablement, & personne, jusqu'à pré-

ſent, ne leur a conteſté cette manière d'agir ; mais ce qu'il importe de bien conſidérer à cet égard, c'eſt que cette action en tous ſens n'eſt que l'effet de la peſanteur qui les porte à ſe mouvoir de haut en bas.

Je remplis d'eau ou de tout autre liquide un flacon dont le fond eſt percé d'une ouverture de quelque lignes de diamètre. J'ai ſoin, lorſque je le remplis, de tenir cette ouverture bouchée : ſi je la débouche enſuite, l'eau s'écoule, & je ne vois rien en cela qui me ſurprenne ; c'eſt l'effet naturel de la peſanteur qui la ſollicite vers le centre des graves.

J'ouvre une autre ouverture pratiquée ſur l'un des points de la hau-

teur de ce flacon ; la liqueur jaillit auſſitôt, & continue à jaillir juſqu'à ce qu'elle ſe ſoit abaiſſée au niveau de cette ouverture. Je vois donc ici l'effet d'une preſſion latérale de la part de cette liqueur ; mais à la bien conſidérer cette preſſion, je vois qu'elle n'eſt que l'effet de la peſanteur qui preſſe la liqueur vers le fond du flacon, & voici comment j'explique ce phénomène.

Je conçois cette maſſe liquide comme diviſée en une multitude de petites colonnes perpendiculaires au fond du vaiſſeau. Je conſidère outre cela chacune de ces colonnes comme compoſée de petits globules de différentes groſſeurs, placés les uns au-deſſus des autres, tous ſup-

portans le poids de ceux qui ſont au-deſſus, & faiſant ſupporter le leur à ceux qui ſont au-deſſous.

Or, tous ces globules ne peuvent être tellement alignés dans une même colonne, que leurs centres ſe correſpondent parfaitement. Il y a donc de ces globules qui s'appuient non préciſément ſur ceux qui ſont au-deſſous, mais bien ſur les petits eſpaces que laiſſent entre eux deux ou trois de ces globules contigus.

Ceux-ci, cédant à la preſſion qu'ils éprouvent, s'écartent, ou tendent à s'écarter de part & d'autre. De-là les files de globules, qui leur répondent dans le même plan, ſont preſſés & pouſſés vers les parois du vaſe, & ſi celui-ci eſt ouvert la-

téralement, rien ne s'oppoſant à l'effort latéral du fluide, il faut qu'il s'élance par cette ouverture, avec une force proportionnée à la preſſion de haut en bas, qui occaſionne la preſſion latérale.

Auſſi remarque-t-on conſtamment ici, que la diſtance à laquelle la liqueur jaillit diminue dans la même proportion que la hauteur du liquide au-deſſus de l'ouverture, & conſéquemment à meſure que la preſſion de haut en bas s'affoiblit.

J'explique de la même manière l'action des liquides de bas en haut. Elle n'eſt encore que l'effet de la gravité, ou de la preſſion de haut en bas. Commençons par nous aſſurer

du fait, l'explication en ſera plus facile à ſaiſir.

Je prends un tube de verre de deux à trois lignes de groſſeur, ouvert à ſes deux extrémités. Un tube de toute autre matière ſeroit également propre à cette expérience; mais je préfère le verre, parce que ſa tranſparence me permet de voir ce qui ſe paſſe dans ſon intérieur. Je bouche, avec le pouce, l'ouverture du haut, & en cet état, je le plonge dans une maſſe d'eau, ou de tout autre liquide. Je l'y enfonce aiſément, à raiſon de la facilité avec laquelle les parties d'une liqueur ſe déplacent.

Je le retire enſuite, & je vois ſes parois extérieures mouillées : ſa

ſurface intérieure, je la trouve sèche, & j'en conclus que la colonne de liqueur, qui répondoit à ſon ouverture inférieure, s'eſt affaiſſée ſous lui, au lieu de s'introduire dans ſa capacité, & conſéquemment, qu'elle s'eſt portée & confondue dans les colonnes ambiantes.

Je réitère la même expérience avec la même précaution ; mais lorſque j'ai deſcendu ce tube à la profondeur à laquelle j'ai deſſein de le porter, je retire mon pouce, qui fermoit ſon ouverture ſupérieure, & auſſitôt je vois la colonne, qui répond à ſon orifice inférieur, s'élancer par cette ouverture, & s'élever dans le tube juſqu'au niveau de la maſſe liquide qui l'embraſſe : or,

cet effet dépend de la pesanteur ; je veux dire, de la pression de haut en bas des colonnes circonvoisines, & je le prouve.

Si je plongeois ce tube, ouvert à ses deux extrémités, dans une liqueur quelconque, son bord circulaire déplaceroit les parties de la liqueur sur lesquelles il reposeroit, & la colonne qui répondroit à son ouverture s'introduiroit dans son intérieur, & s'y tiendroit à la même hauteur que les colonnes extérieures qui l'envelopperoient ; jusque-là point d'effort de la part de ces dernières ; c'est le tube que je plonge qui va chercher & s'empare de la colonne dont il est rempli.

Mais si, au lieu de laisser ce tube

ouvert à ſes deux extrémités, je bouche exactement ſon ouverture ſupérieure : au moment où je le plonge, l'air qu'il renferme, étant impénétrable, s'oppoſe à ce que la colonne qui ſe préſente à ſon ouverture ne s'introduiſe dedans. Elle cède donc alors à la réſiſtance inſurmontable que cet air lui oppoſe, elle s'affaiſſe, elle reflue dans les colonnes collatérales, & le tube plongé reſte vuide.

Tandis que les choſes ſont dans cet état, la colonne correſpondante à l'ouverture du tube, plus courte que les collatérales, de toute la profondeur de l'immerſion de ce tube, eſt preſſée par ces dernières, & cette preſſion la ſollicite à reprendre ſa

hauteur naturelle, à se remettre de niveau avec elles. Si donc alors je débouche l'orifice supérieur du tube, & que je permette à l'air, dont il est rempli, de s'echapper par cette voie, la colonne pressée s'y élève de bas en haut; en s'y élevant, elle pousse devant elle l'air qui lui faisoit obstacle, il s'évacue, & sur le champ cette colonne atteint à sa hauteur, au niveau des colonnes extérieures; elle les presse autant qu'elle en est pressée, & elle se met en équilibre avec elles.

L'action que les fluides exercent de bas en haut n'est donc que l'effet de la pesanteur qui les pousse de haut en bas. Veut-on une démonf-

tration plus frappante encore de cette importante vérité? la voici :

Soit un tube de verre A B C D, (*Planche* 2, *Fig.* 6.) formant, par ses courbures, deux tubes communiquans, A B & C D, ouverts l'un en A & l'autre en D. Si après avoir exactement bouché l'ouverture A, je plonge la petite branche CD dans une masse d'eau, jusqu'à ce qu'elle en soit recouverte de quelques pouces, les choses resteront en cet état, nonobstant le poids de la colonne d'eau qui se présente à l'orifice D, & qui fait effort pour se précipiter dans ce tube; & cela parce que l'air dont celui-ci est rempli résiste invinciblement à cet effort.

Si je débouche l'orifice A, alors la colonne d'eau ſurmontera cette réſiſtance, ſe précipitera dans la branche DC, & l'air s'échappera par l'ouverture A. Arrivée au point C, ſi l'eau venoit à ſe geler, elle formeroit un cylindre ſolide, & ce cylindre n'ayant d'action que de haut en bas, quelque preſſion qu'il éprouvât d'ailleurs, s'oppoſeroit à ce que l'eau continuât à affluer dans cette branche; mais ſi elle demeure liquide, ſes parties, extrêmement mobiles, céderont à la preſſion de l'eau qui continuera à deſcendre & à ſe précipiter par l'ouverture D.

Pouſſées de haut en bas par l'affluence d'une nouvelle quantité d'eau, elles gliſſeront latéralement, & vien-

dront remplir la branche horiſontale C B, en pouſſant devant elles l'air que cette branche contient.

Continuant encore à céder à la force qui les preſſera de haut en bas, à raiſon de l'effort que l'eau ne ceſſera de faire pour deſcendre de C en D, elles s'éleveront contre leur propre gravité de B vers A, juſqu'à ce qu'elles ſoient parvenues, dans le tube B A, au niveau des colonnes extérieures, & que la colonne élevée dans ce tube, ſoit en équilibre avec elles.

Voilà donc une action de bas en haut qui eſt manifeſtement l'effet d'une preſſion de haut en bas, & autant il eſt conſtant, qu'à raiſon de l'extrême mobilité & de l'indé-

pendance de leurs parties, les liquides exercent leur action en toutes sortes de sens, autant il l'est qu'ils ne font en cela qu'obéir à l'action de la pesanteur qui les maitrise, & les sollicite de haut en bas, vers le centre de la terre.

De ce que les liquides agissent & exercent leur pression en toutes sortes de sens, il s'ensuit necessairement que tout corps plongé dans un liquide doit y éprouver une pression uniforme & en tous sens. En veut-on la preuve ? la suivante est aussi simple que concluante.

Liez fortement autour d'un tube de verre, dont le bord soit garni d'une espèce de bourlet de même matière fondue à la lampe de

l'émailleur, liez-y l'une des parties de la vessie d'une carpe; remplissez cette vessie & une portion du tube d'une liqueur colorée, & marquez, avec un fil attaché sur le tube, la hauteur à laquelle cette liqueur y est élevée. Cela fait, plongez la vessie à une certaine profondeur dans une masse d'eau.

Pressée en tous sens par l'eau qui l'enveloppera, la vessie cédera sensiblement à cette pression, sa capacité diminuera, & vous verrez la liqueur s'élever dans le tube à une hauteur d'autant plus considérable, que l'immersion sera plus profonde.

Plus en effet elle sera profonde, plus les colonnes pressantes seront longues: plus celles-ci seront longues,

plus elles auront de poids, & conséquemment plus leur pression augmentera sur la surface de la vessie.

Mais si, au lieu de communiquer avec un tube, cette vessie également bien remplie de liqueur étoit exactement liée à son col, & ensuite plongée dans une masse d'eau : uniformément pressée en tout sens, la liqueur qu'elle contiendroit réagiroit avec une force égale à celle qui la presseroit extérieurement, & la vessie ne pourroit se déformer, ni sa capacité diminuer.

Par cette raison, une vessie beaucoup plus petite, pareillement remplie de liqueur, & renfermée dans la première, que je suppose toujours pleine, & exactement liée à son col, y seroit

y feroit à l'abri de toute compref-fion extérieure ; ce que le favant *Muffenbroeck* démontre par une expé-rience très-fimple que voici :

Il renferme un œuf dans une veffie remplie d'eau. Il lie cette veffie de manière que l'eau ne puiffe s'en échapper, & enfuite il foumet la veffie à une très-forte preffion, fans qu'il arrive le moindre accident à l'œuf, quelque fragile qu'il foit.

Cette expérience qui ne paroît que furprenante, & faite pour amufer le loifir du fpectateur, offre à notre célèbre phyficien une application bien intéreffante. Il y découvre un moyen précieux dont la nature fage & pré-voyante fe fert pour veiller à la fûreté

de l'enfant renfermé dans le ſein de ſa mère.

Contenu dans une eſpèce de ſac membraneux rempli d'eau, ce ſac repréſente la veſſie dont il eſt ici queſtion, & comme l'œuf de l'expérience que nous venons d'indiquer, l'enfant eſt à l'abri des différentes preſſions des muſcles du bas-ventre, & de celles auxquelles cette partie ſe trouve ſouvent expoſée de la part des corps extérieurs.

Paſſons maintenant à une autre conſidération, à la preſſion que les liquides exercent ſur le fond des vaiſſeaux qui les contiennent. Cette queſtion très-importante en hydroſtatique, fera la matière du paragraphe ſuivant.

§. II.

De la pression des liquides sur le fond de leurs vases.

Une seule proposition générale satisfait à cette question, & cette proposition, la voici :

La pression d'un liquide sur le fond d'un vase quelconque, est comme le produit de sa base par sa hauteur.

Si on suppose qu'une masse liquide renfermée dans un vaisseau soit divisée en un nombre quelconque de colonnes, toutes perpendiculaires au fond de ce vaisseau, il est constant que la pression qu'elle exercera sur ce fond, sera égale à la somme des

pressions que chacune des colonnes lui fera supporter : or, cette somme est manifestement égale au produit de la base par la hauteur du liquide; puisque l'étendue de cette base détermine le nombre des colonnes, & leur hauteur commune, la pression que chacune d'elles déploie contre la partie du fond qui lui répond.

D'où je conclus que cette pression est tout-à-fait indépendante de la forme & de la capacité des vaisseaux, qu'elle peut être, & qu'elle est effectivement la même sur le fond de plusieurs vaisseaux qui diffèrent en forme & en capacité, si chacun d'eux a exactement la même base, & si la hauteur du liquide au-dessus de la base est égale dans

tous. Le célèbre *Paſchal* eſt parvenu à démontrer cette propoſition à l'aide d'une machine fort ingénieuſe qu'on a cependant perfectionnée après lui, & que nous avons décrite dans le premier volume de notre ouvrage intitulé : *Deſcription & uſage d'un Cabinet de Phyſique.*

Pour donner une idée ſuffiſante de cette admirable machine & de l'effet qu'elle produit, nous dirons qu'elle eſt compoſée de pluſieurs vaiſſeaux de forme & de capacité différentes ; que ces vaiſſeaux ſe montent ſucceſſivement ſur un cylindre creux de cuivre, dans lequel gliſſe librement un piſton de métal, qui ſert de fond à chacun d'eux.

Ce fond commun s'accroche à un

fil de métal suspendu à une double corde, dont chaque bout s'attache de droite & de gauche aux deux plus courts bras de deux balances romaines, dont les deux autres bras portent les poids nécessaires pour faire monter le piston, lorsque le vaisseau, auquel il sert de fond, est rempli d'eau jusqu'à une hauteur fixe & déterminée sur la queue ou sur le fil de métal qui tient à ce piston.

Or, quelque différence qu'il y ait dans la forme & la capacité des vaisseaux, l'expérience démontre qu'il faut employer les mêmes poids pour faire monter le piston. La base est donc également chargée dans toutes ces circonstances, & il demeure constant que la pression d'un liquide sur le

fond d'un vaiſſeau quelconque ne dépend que de la baſe & de la hauteur, & qu'elle eſt égale au produit de la baſe par la hauteur perpendiculaire du liquide au-deſſus de cette baſe.

Peut-être aura-t-on peine à accueillir cette propoſition, & penchera-t-on à la regarder comme un paradoxe, lorſqu'on conſidérera les vaiſſeaux repreſentés (*Planche* 2, *Fig.* 1). On verra bien que la baſe ou le fond du ſecond C D, ne porte immédiatement que la colonne *a b c d*, parfaitement égale à la totalité de l'eau qui repoſe & agit ſur le fond du premier A B; mais on demandera ſans doute ſi les colonnes collatérales qui embraſſent la colonne *a b c d*, dans le ſecond, n'ajoutent

rien à la pression de celle-ci contre le fond ? En considérant, en effet, que l'action de ces colonnes obliquement appuyées sur les parois du vaisseau, se décompose, & qu'une partie de cette action s'exerce contre la colonne du milieu, il est naturel de demander si elle ne sert point à augmenter l'effort que fait celle-ci contre le fond du vaisseau ?

Cette difficulté, si c'en est une, paroîtra encore plus grande par rapport au troisième vaisseau E F, & pour la mettre dans tout son jour, je supposerai que les deux masses d'eau renfermées dans le premier vaisseau AB, & dans le troisième EF, soient divisées en un certain nombre de colonnes de même dia-

mètre. Le nombre sera nécessairement égal de part & d'autre, puisque les deux bases sont égales. Il y aura donc le même nombre de colonnes perpendiculaires sur chacun des fonds de ces deux vaisseaux.

Mais il s'en faudra de beaucoup que chaque colonne contenue dans le vaisseau EF, soit de même hauteur que chacune de celles qui seront renfermées dans le vaisseau AB. La forme de ce vaisseau ne permet pas d'en douter : or, comme la pression d'un liquide dépend de sa hauteur ; il paroît naturel de conclure, qu'à l'exception de la colonne *ab*, dans le vaisseau EF, chacune des autres ne presse point aussi fortement la partie du fond sur laquelle elle

s'appuie, que chaque colonne correspondante, dans le vaisseau A B, presse la sienne; & conséquemment la règle générale se trouve en défaut, au moins par rapport au vaisseau E F.

Ces difficultés, comme bien d'autres, dont les écoles retentissent journellement, sont plus spécieuses que solides; elles s'évanouissent au plus léger examen.

Et d'abord, il est on ne peut plus facile de démontrer que l'action des colonnes collatérales, qui enveloppent la colonne perpendiculaire *a b c d*, dans le vaisseau C D, n'ajoute rien à la pression de cette colonne sur la base.

Je conviens que chacune de ces

colonnes s'appuyant obliquement ſur les parois inclinées du vaiſſeau, ſon action, comme toute action oblique, ſe décompoſe en deux, l'une perpendiculaire, l'autre parallèle à l'horiſon. De ces deux actions j'en vois une, la perpendiculaire entièrement détruite par la réſiſtance des parois.

Il ne ſubſiſte donc que celle qui eſt parallèle à l'horiſon, & celle-ci ſe dirige effectivement ſur la colonne *abcd*, mais en ſe dirigeant ſur elle, elle n'ajoute rien à ſa preſſion contre le fond du vaiſſeau, & pourquoi? parce que cette action parallèle eſt élidée & détruite par une pareille action, qui vient d'une ſemblable colonne diamétralement oppoſée,

telle que la colonne *ef*, par rapport à la colonne *gh*.

Que résulte-t-il donc de là ? le voici : les actions réunies de toutes les colonnes collatérales produisent, relativement à la colonne du milieu *abcd*, le même effet que produiroit un vaisseau qui la renfermeroit : or, comme ce vaisseau ne feroit que la contenir sans rien ajouter à sa pression, ou à son action sur la base, de même les colonnes collatérales qui l'enveloppent, n'ajoutent rien à cette pression.

Reste à expliquer maintenant comment la pression doit être la même sur le fond du vaisseau E F que sur celui du vaisseau A B, & cette explication

cation sera on ne peut plus facile à suivre.

Point de difficulté pour le nombre des colonnes qui s'appuient sur les deux bases : il est le même dans l'un & dans l'autre vase, dont les bases sont égales, & sur cela on est absolument d'accord.

On convient également que la colonne *a b* du vaisseau E F, exerce sur la partie du fond qui lui répond, une pression égale à celle que chaque colonne semblable du vaisseau A B exerce sur chaque portion correspondante du sien ; puisqu'elle leur est égale en hauteur. Il suffit donc de prouver que les petites colonnes, telles que *c d* & *e f*, renfermées dans le vaisseau conique, pressent aussi

fortement les parties du fond qui les portent, qu'elles les presseroient si elles étoient aussi longues que la colonne *a b* du milieu, & cette vérité sera hors de doute, si on fait ici l'application d'un principe démontré ci-dessus.

Nous avons en effet démontré précédemment que la pression des fluides se distribue uniformément en toutes sortes de sens. Nous devons donc en conclure que la pression de la colonne *a b*, dans le vaisseau E F, se distribue uniformément & sur la partie du fond qui la soutient, & sur les petites colonnes *c d* & *e f* qui l'enveloppent.

Or, cette pression qu'elles éprouvent de la part de la colonne *a b*, tend à

les élever à une hauteur égale à la ſienne, & dans le fait elles y atteindroient, ſi la forme du vaſe leur permettoit de s'élever à cette hauteur. Elles font donc un effort continuel pour y atteindre; mais cet effort devient inutile par la réſiſtance inſurmontable qu'elles éprouvent aux points *c* & *e*, de la part des parois du vaiſſeau E F, & cette réſiſtance les retient dans un degré de tenſion égal à l'effort qu'elles font contre ces points.

Elles réagiſſent donc, contre les parties du fond qui les portent, avec une force égale à celle avec laquelle elles tendent à s'élever, & conſéquemment elles les preſſent auſſi fortement qu'elles les preſſeroient,

ſi leur hauteur étoit égale à celle de la colonne *a b*.

Il y a donc dans le vaiſſeau E F, autant de colonnes qui s'appuient ſur ſon fond, que dans le vaiſſeau cylindrique A B, & chacune d'elles déploie, ſur la partie du fond qui la porte, la même preſſion que chacune des colonnes renfermées dans le vaiſſeau cylindrique A B déploie ſur la partie correſpondante de ſon fond. D'où je conclus que la preſſion eſt la même ſur le fond de ces deux vaiſſeaux.

Plus de difficulté maintenant contre la propoſition générale établie ci-deſſus & je répète que la preſſion des liquides ſur le fond des vaiſſeaux qui les contiennent ne dépend

que de leur baſe & de leur hauteur, nullement de leur forme & de leur capacité. Parlons maintenant de l'équilibre des liqueurs.

Juſqu'à préſent nous avons fait abſtraction de la denſité des liquides. Bien que cette denſité varie en plus & en moins, & preſqu'individuellement, nous ne l'avons point fait entrer en conſidération, parce que les loix dont il a été queſtion ſont générales pour toute eſpèce de liqueur quelconque.

Quelque différence, en effet, qui ſe trouve dans la denſité d'une liqueur, ſon action ſe déploie en toutes ſortes de ſens, & ſa preſſion, ſur le fond du vaiſſeau qui la renferme, eſt conſtamment en raiſon compoſée,

ou comme le produit de ſa baſe par ſa hauteur au-deſſus de cette baſe.

A la vérité, lorſqu'un vaiſſeau contient des liquides de différentes denſités, placés les uns au-deſſus des autres, on ne peut eſtimer exactement leur preſſion ſur la baſe, qu'autant qu'on a égard à la denſité particulière de chacun d'eux.

Une colonne, par exemple, compoſée de mercure & d'eau, pèſe évidemment plus qu'une ſemblable colonne d'eau, à raiſon de la quantité de mercure qu'elle contient, & qui, à volume égal, pèſe près de quatorze fois davantage que l'eau : mais cette conſidération ſe préſente ſi naturellement à l'eſprit, que nous

n'avons pas imaginé qu'il fût nécessaire d'en parler.

Cette abstraction de notre part ne peut donc induire personne en erreur; mais il n'en seroit pas ainsi dans la circonstance actuelle; parce que les liqueurs de même densité, & celles de densité différente, ont chacune leur loi spéciale d'équilibre. Nous ne parlerons dans le Paragraphe suivant que des liqueurs de la première espèce, qu'on appelle communément en Physique, liqueurs homogènes.

§. III.

De l'Equilibre des liqueurs homogènes ou de même densité.

Il peut se faire que des liqueurs

de cette eſpèce ſoient contenues dans un même vaiſſeau, ou dans pluſieurs vaiſſeaux, qui communiquent entre eux.

Dans le premier cas, leur ſurface eſt conſtamment de niveau; aucune colonne n'eſt plus élevée qu'une autre. Dans la ſuppoſition contraire, la portion qui excéderoit la hauteur commune n'étant point ſoutenue, s'épancheroit ſur les autres, & bientôt le niveau ſeroit rétabli.

C'eſt ce qui arrive lorſqu'on tranſporte ou qu'on agite un vaiſſeau qui renferme une liqueur. L'agitation qu'on lui communique déplace quelques colonnes qui s'élèvent au-deſſus du niveau; mais elles retombent

aussitôt, & après s'être balancées, elles reprennent leur première situation.

Il en est de même de l'eau qui coule dans le lit d'une rivière. Les inégalités du terrain occasionnent des ondes qui disparoissent lorsqu'elle coule sur un sable bien uni : alors sa surface est plane, tous ses points sont rangés dans le même plan, & toutes les colonnes, qui composent sa masse, sont en équilibre entre elles. Le vent vient-il à souffler, l'équilibre est rompu, il se forme des vagues plus ou moins sensibles qui retombent sur elles-mêmes, & lorsque le calme renaît la surface de l'eau reprend son niveau, elle redevient plane.

I V.

Quand je dis que cette ſurface eſt plane, je parle d'après le témoignage de mon œil, qui n'embraſſe qu'une petite étendue de cette ſurface, & qui ne peut me découvrir ſa convexité; car elle eſt réellement convexe; puiſqu'elle ſe moule, pour ainſi dire, ſur la ſurface du globe qui eſt convexe.

Les marins, & généralement tous ceux qui ont voyagé ſur mer, ſont bien perſuadés de cette vérité. Ils ſavent tous, qu'en approchant d'une ville, on commence par découvrir le haut des édifices, les toits des maiſons : que ce n'eſt qu'à meſure qu'on approche du rivage qu'on parvient inſenſiblement à voir les rez-de-chauſſées, & cela, parce que

la convexité de la mer dérobe, pendant quelque temps, les rayons qui viennent du pied des maiſons, & généralement de tout ce qui avoiſine la ſurface de la terre.

Malgré cela cependant, lorſque la mer eſt calme, ſa ſurface n'en n'eſt pas moins de niveau, je veux dire que les colonnes qui la compoſent ſont toutes également éloignées du centre de la terre, & c'eſt de ce centre qu'il faut meſurer leur hauteur perpendiculaire.

J'obſerve que la même loi a lieu lorſque les liqueurs ſont renfermées dans des vaiſſeaux qui communiquent entre eux. Je verſe de l'eau, ou toute autre eſpèce de liqueur, par l'ouverture A d'un tube courbé

A B C, (*Planche* 2, *Fig.* 2), dont les deux branches font parallèles & de même groſſeur; la liqueur ſe précipite dans ce tube juſqu'en B. Arrivée à ce point, elle s'élève progreſſivement dans la branche B C, juſqu'à ce qu'elle y ſoit parvenue à la même hauteur à laquelle elle ſe fixe dans l'autre, ſuppoſons *a d.*

En cela, je ne vois rien qui me ſurprenne : les deux colonnes *a* B & B *d* ont une baſe commune B *o*. Il faut donc que leur hauteur perpendiculaire ſoit la même des deux côtés, pour que la baſe ſoit également preſſée de part & d'autre, & que ces colonnes ſoient en équilibre.

J'obſerverois le même phénomène,

ſi l'une des branches de ce tube, ſuppoſons A B (*Planche 2*, *Fig. 3*), étoit plus groſſe que l'autre BC, quelqu'excès qu'il y eût dans ſa groſſeur. Et pourquoi ? parce que dans la maſſe d'eau qui ſeroit renfermée dans le gros tube, ou dans le grand vaiſſeau, il n'y auroit qu'une ſeule colonne, celle qui ſe préſenteroit à la commiſſure *a* des deux tubes, qui agiroit contre celle qui s'éleveroit dans le tube B C; les autres ſeroient appuyées ſur le fond du vaiſſeau : or, ces deux colonnes, ayant une baſe commune en *a*, il faudroit néceſſairement qu'elles euſſent la même hauteur au-deſſus de cette baſe, pour ſe faire équilibre.

En ſuppoſant que le tube B C, au lieu d'être vertical & parallèle au vaiſſeau A B, fût incliné à l'horiſon, ou même qu'il fût courbé en différens ſens dans ſa longueur, le même phénomène auroit encore lieu, & l'expérience le démontre. L'eau s'éleveroit dans ce tube au niveau de celle qui ſeroit contenue dans le grand vaiſſeau.

Il y auroit ſans doute une colonne plus longue dans le tube incliné, ou dans celui qui affecteroit pluſieurs courbures; mais cette colonne étant ſoutenue en partie par l'inclinaiſon, ou par les différens points de la courbure du tube, elle n'agiroit qu'à raiſon de ſa hauteur perpendiculaire contre celle qui commu-

niqueroit avec elle par ſa baſe commune, & conſéquemment leur hauteur feroit égale de part & d'autre.

C'eſt donc une loi générale de la nature que les liqueurs de même denſité s'élèvent à la même hauteur, pour ſe mettre en équilibre, dans toute eſpèce quelconque de vaiſſeaux communiquans, & cette loi ne ſouffre qu'une ſeule exception, dont nous parlerons dans un moment.

C'eſt en vertu de cette loi qu'il arrive que l'eau d'une rivière, d'un lac, d'un étang, & généralement toute eau ramaſſée dans un baſſin, venant à ſe filtrer par ſon propre poids, dans des canaux qui la reçoivent, ou qu'elle ſe creuſe

insensiblement, elle les parcourt sous terre jusqu'à des distances qu'on ne peut assigner, & on la voit ensuite se reproduire au dehors, & former une pièce d'eau, souvent même un ruisseau.

On trouve quelquefois des bassins pleins d'eau sur la croupe, & même sur le sommet de plusieurs montagnes fort élevées. Je ne vois rien en cela de merveilleux. Ces eaux tirent leur origine, & elles ont leurs réservoirs sur d'autres montagnes plus élevées encore, & malgré l'immense distance qui les en sépare, elles pourroient venir de plus loin, si les canaux qui les apportent étoient prolongés. Il suffit que l'endroit où

elles abordent ſoit un peu au-deſſous de celui d'où elles partent.

Jamais, en effet, elles ne viendront naturellement d'un endroit plus bas dans un endroit plus élevé; mais partant d'une hauteur donnée, elles parviendront toujours à la même hauteur, ſi elles trouvent des canaux convenablement diſpoſés pour les conduire.

Ici l'art peut ſuppléer à la nature par des canaux factices, & bien qu'on ſoit obligé de les enfouir, de les cacher ſous terre, ſouvent même à de très-grandes profondeurs, pour ſe prêter à la diſpoſition irrégulière du terrain, n'importe : après s'être précipitées dans ces canaux, elles remontent & elles s'élèvent

au niveau du réservoir qui les fournit.

On en a des preuves journalières à Paris, à Londres, & en quantité de grandes villes. On y voit des robinets qui fournissent de l'eau jusqu'aux étages supérieurs de plusieurs maisons. Les canaux qui l'amènent sont cachés sous les pavés des rues; mais ils s'abouchent avec un réservoir plus élevé, ou au moins aussi élevé que les endroits ou elle se distribue.

Je ne parlerai point des dimensions qu'il faut donner à ces canaux; elles doivent être proportionnées à la longueur de l'espace qu'ils ont à parcourir; je ne parlerai point de la pente qu'ils doivent avoir, qui

eſt ordinairement d'une demi-ligne par toiſe, afin que l'eau puiſſe ſurmonter le frottement qu'elle éprouve en les parcourant ; je ne parlerai point non plus des *cavaliers* qu'on eſt obligé de mettre ſur leurs courbures, pour donner iſſue à l'air qui s'y engorge. Quelqu'importantes qu'elles ſoient, ces conſidérations ne regardent que les fontainiers.

Je dirai ſeulement qu'à l'aide des tuyaux de conduite, convenablement diſpoſés, on peut porter l'eau à des diſtances qui n'ont point de bornes, & l'amener à la hauteur du réſervoir dont on la tire.

Cet avantage eſt dû à cette loi générale d'hydroſtatique que nous venons de faire connoître, à cette

loi qui oblige les liqueurs homogènes de s'élever jusqu'à la même hauteur dans des vaisseaux qui se communiquent entre eux. Donnez-moi la hauteur d'un réservoir, en quelqu'endroit du globe terrestre qu'il soit placé, & je vous dirai celle à laquelle vous pourrez conduire l'eau qu'il contient, à un autre endroit que vous m'indiquerez, s'il est possible de disposer un canal de communication entre l'un & l'autre.

Cette loi souffre cependant une exception, comme je l'ai déjà observé, & cette exception a lieu lorsque parmi des vaisseaux communiquans, il s'en trouve qui sont capillaires.

Qu'entend-t-on par des vaiſſeaux capillaires? en quoi conſiſte l'exception qu'ils nous font obſerver, relativement à l'équilibre des liqueurs homogènes, & quelle eſt la cauſe de cette exception? ce ſont trois queſtions qui méritent de trouver ici leur place, & auxquelles nous allons répondre dans l'Appendice ſuivant.

APPENDICE.

Des Vaiſſeaux Capillaires.

On appelle vaiſſeau capillaire, en Phyſique, tout vaiſſeau dont la capacité eſt extrêmement petite, & quelquefois ſi petite qu'on peut

à peine y introduire un cheveu, en latin *capillus*, dont on a fait le mot *capillaire*. Les vaisseaux qui distribuent la séve dans les plantes, la majeure partie des vaisseaux du corps humain, & la plûpart de ceux des animaux sont de ce genre, ils sont d'une ténuité extrême.

En les citant pour exemple, notre dessein n'est point d'examiner si l'on observe en eux, comme plusieurs le prétendent, les phénomènes dont il est ici question; si la loi qui régit la marche des liqueurs dans les vaisseaux capillaires en général, s'étend sur le systême capillaire des animaux.

Cette question cependant seroit on ne peut plus curieuse à traiter,

& nous la traiterions volontiers; mais elle appartient à la physique du corps humain, & nous nous sommes imposés la loi de ne point excéder les bornes de notre mission. Nous nous garderons donc de sonder ici les profondeurs de l'économie animale, & si nous avons cité cet exemple, c'est pour donner une idée plus facile à saisir du calibre des vaisseaux capillaires, parce que personne n'ignore que la plûpart de ceux qui rampent sur l'habitude du corps de l'homme ou des animaux, & particulièrement ceux qui composent les glandes, ou qui se distribuent dans les viscères, sont plus petits que des cheveux.

Nous nous interdirons également

toute considération sur le méchanisme qui fait circuler la séve dans les plantes, & la distribue jusqu'au sommet des plus grands arbres; cette question viendroit cependant bien ici, puisque plusieurs Physiciens font dépendre cette fonction du méchanisme des tubes capillaires; mais nous laissons à celui qui s'est chargé d'expliquer l'économie végétale le soin de répondre à cette question, & de nous indiquer l'usage de ces valvules admirables distribuées avec profusion dans la longueur des vaisseaux séveux.

Laissant donc de côté tous les vaisseaux organiques quelconques, nous ne parlerons que de ceux qui sont fabriqués des mains de l'homme,

& quoique tous nous faſſent obſerver les mêmes phénomènes, nous préférerons des tubes de verre, parce que leur tranſparence nous permettra de voir ce qui ſe paſſera dans leur intérieur.

Mais quel doit être le diamètre de ces tubes, pour être propres aux effets que nous nous propoſons de faire connoître ? c'eſt ce qu'on ne peut déterminer exactement. Cependant nous ne craignons point d'aſſurer que depuis le plus petit diamètre qu'on puiſſe leur donner, juſqu'à trois ou à quatre lignes, peut être même davantage, dans quelques-uns, ces phénomènes ſe font obſerver ; ce qui dépend probablement de la qualité du verre. A coup ſûr, un

tube de cette matière fera capillaire, ou fera les fonctions d'un tube capillaire, si son diamètre n'excède point une ligne.

Or, quels sont les phénomènes qui se présentent ici, & qui dérogent à la loi générale de l'équilibre des liqueurs homogènes? Pour les présenter avec ordre, j'en fais deux classes particulières.

Je comprends dans la première toute liqueur quelconque, à quelque règne de la nature qu'elle appartienne, à l'exception du *mercure*, qui fait bande à part, & que je réserve pour les phénomènes de la seconde classe.

Et d'abord je m'arrête à ceux de la première, & je suppose deux vaif-

ſeaux A B & BC, (*Planche* 2, *Fig.* 4), qui communiquent entre eux; le premier A B, de huit à neuf lignes & plus, ſi on le veut, de diamètre; le ſecond BC, d'une ligne ſeulement, ou environ.

Si je verſe dans le premier une liqueur quelconque, de l'eau, du vin, de l'huile, du lait, &c. Cette liqueur paſſera dans le ſecond, & s'y élevera au-deſſus du niveau *a b* de celle qui ſera contenue dans le premier, ſuppoſons juſqu'à *c d*.

Non-ſeulement les liqueurs que je viens de nommer, mais toutes les autres, que je ne nomme point pour abréger, nous offrent le même phénomène, avec cette différence qu'elles ne s'élèvent point toutes à

la même hauteur au-deſſus du niveau.

Mais ce qui paroîtra peut-être étonnant, c'eſt que les liqueurs aqueuſes s'élèvent plus haut que les liqueurs ſpiritueuſes. J'ai trouvé ſouvent moitié de différence dans leur élévation, en comparant enſemble de l'eau & de l'eſprit de vin, l'une & l'autre colorés, afin de ſaiſir plus facilement leur hauteur.

Un autre phénomene encore, & qui mérite toute l'attention du Phyſicien; c'eſt que toute eſpèce de liqueur s'élève d'autant plus haut au-deſſus du niveau, que le vaiſſeau dans lequel elle s'élève eſt plus capillaire, ou d'un plus petit diamètre; & ſi l'on compare la hau-

teur à laquelle elle s'élève dans différens tubes, on la trouvera conſtamment en raiſon inverſe du diamètre de ces tubes; je veux dire qu'elle s'élève une fois plus haut dans un tube dont le diamètre eſt une fois plus petit.

Pour répéter ces ſortes d'expériences, obſerver ces phénomènes, il n'eſt pas neceſſaire de ſe ſervir de tubes communiquans ſemblables à celui qui eſt repréſenté par la *Fig. 4*: de ſimples tubes de verre d'un très-petit diamètre ſuffiſent, pourvu qu'ils ſoient bien nets intérieurement.

Ouverts à chaque bout, on les plonge dans un verre rempli en partie d'une liqueur colorée. Le verre

fait fonction de tube communiquant, & on voit la liqueur s'élever dans le tube plongé au-dessus du niveau de celle que le verre contient.

Il suffit encore au succès de ces sortes d'expériences, que le bord du tube repose, ou qu'il lèche, pour ainsi dire, la surface de la liqueur. Elle s'y élève alors à la même hauteur à laquelle elle parviendroit s'il étoit plongé ; & si au lieu d'un verre on se servoit d'un cylindre très-long, pour qu'on pût y plonger le tube à des profondeurs très-différentes les unes des autres, & que ce tube fût exactement de même calibre intérieurement, on observeroit constamment la liqueur à la même hauteur au-dessus du niveau

dans toutes les immersions possibles.

Mais voici un dernier phénomène auquel je m'arrête, & avec d'autant plus de complaisance, qu'il me met sur la voie de découvrir la véritable cause de tous ces effets.

Je prends un tube de verre, & toujours d'un très-petit diamètre, je le plonge à une profondeur quelconque dans une masse de liqueur colorée, & à l'aide d'un fil que j'attache dessus, & que je puis faire glisser à volonté sur sa longueur, je m'assure de la profondeur de son immersion, en fixant ce fil au niveau de la surface de la liqueur : cela fait, j'en attache un second sur le même tube, & celui-ci me sert à marquer la hauteur à laquelle la liqueur

s'élève au-dessus du premier, & conséquemment du niveau.

Cette observation faite, j'enlève le tube, & je le retire lentement de la liqueur dans laquelle il est plongé; à proportion que je le retire, la colonne qu'il renferme descend & se précipite : jusque-là je ne vois rien qui me surprenne. Il est naturel qu'une colonne de liqueur qui cesse d'être soutenue, cède à la pesanteur, & se précipite; mais ce qui me surprend ensuite, c'est de voir une portion de cette colonne demeurer suspendue au bas du tube, lorsqu'il est entièrement hors du vaisseau quoique je le tienne dans une situation verticale; & ce qui ajoute encore à ma surprise, c'est

de voir que cette portion de liqueur eſt préciſément égale en hauteur à celle qui s'étoit élevée au-deſſus du niveau, tandis que le tube étoit plongé.

Les phénomènes de la ſeconde claſſe, ceux qui concernent le mercure, ne me ſurprennent pas moins; les voici : mais pour les répéter il faut néceſſairement ſe ſervir de tubes communiquans, tels que celui qui eſt repréſenté *Fig.* 4.

Je verſe donc du mercure dans le gros tube A B, (*Planche* 2, *Fig* 4), & j'en verſe juſqu'à ce que ce tube en ſoit rempli à une hauteur remarquable, ſuppoſons *a b*, alors je vois que ce fluide a paſſé dans le tube capillaire communi-

quant B C, mais au lieu de s'y être élevé au-dessus du niveau, comme précédemment, il n'est pas même parvenu jusqu'à cette hauteur, il demeure suspendu au-dessous, supposons en *e*.

Je répète la même expérience avec d'autres tubes communiquans, mais dont le tube capillaire est d'un plus petit diamètre que le précédent, & j'observe le même phénomène, avec cette différence que la colonne de mercure est encore plus courte, & demeure suspendue plus bas au-dessous du niveau.

Je mesure exactement, & je compare ensemble les diamètres des deux tubes capillaires, & je vois que les hauteurs des deux colonnes de mercure

qui s'y ſont élevées, ont un rapport conſtant avec ces diamètres; que la colonne eſt une fois plus baſſe au-deſſous du niveau, dans celui dont le diamètre eſt une fois plus petit.

De quelque côté que je promène mes regards, j'obſerve des phénomènes de ce genre : par-tout où je trouve des eſpaces capillaires, par-tout je vois toute eſpèce de liqueur, à l'exception du mercure, s'élever au-deſſus du niveau, & j'obſerve que ni la forme de ces eſpaces, ni la qualité de la matière entre les parties de laquelle ils ſe trouvent, n'entrent pour rien dans leur production.

Si je conſidère la diſpoſition des

grains qui forment un monceau de ſable, je vois qu'ils laiſſent entre eux une multitude prodigieuſe d'eſpaces capillaires, & je vois l'eau qui le baigne par le pied, s'élever à travers ſa maſſe, & l'humecter entièrement.

Si je fais plonger l'un des bouts d'une mêche de coton dans un vaiſſeau qui contient une liqueur, & qu'ayant replié la mêche par-deſſus le bord du vaiſſeau, je laiſſe pendre l'autre bout, c'en eſt aſſez pour que la liqueur ſe filtre; elle s'élève donc entre les brins qui forment la mêche, & qui laiſſent entre eux des eſpaces capillaires, elle paſſe par-deſſus le bord du vaiſſeau, & elle tombe par ſon propre

propre poids dans un autre qui la recoit.

Je ne finirois pas ſi je voulois rapporter tous les exemples de ces ſortes de phénomènes qui ſe préſentent ſous ma plume. Je paſſe à leur explication, ou à l'examen de la cauſe qui les produit.

C'eſt ici que l'imagination de l'homme s'eſt miſe à la torture pour arracher à la nature un ſecret qu'elle ſemble vouloir lui cacher; c'eſt ici que l'eſprit s'eſt particulièrement exercé; mais qu'a-t-il inventé juſqu'à préſent? des ſyſtêmes, & c'eſt tout.

Loin de nous cette foule d'hypothèſes qui n'ont beſoin que d'être

exposées pour être suffisamment réfutées. Cependant il faut en convenir, il en est trois qui méritent d'être connues ; les deux premières, parce qu'elles sont on ne peut plus ingénieuses & très-méchaniques ; la troisième, parce qu'elle nous montre effectivement la véritable cause des phénomènes dont il est ici question ; mais cette cause, elle nous la montre enveloppée de ténèbres si épaisses, qu'il n'est point encore possible d'en saisir le véritable méchanisme.

S'il ne faut cependant, pour dissiper ces ténèbres, qu'une pénétration vive, beaucoup de clarté dans les idées, de justesse dans le raisonnement, qui mieux que les

Dames, auxquelles nous consacrons cet Ouvrage, sera capable de remplir cette tâche?

On suppose, dans la première hypothèse, que l'air ne presse point aussi fortement une colonne de liqueur élevée dans un tube capillaire B C, (*Planche 2, Fig. 4*), que la colonne correspondante *p o*, dans le vaisseau A B, d'une capacité beaucoup plus grande; & pourquoi? parce que, dit-on, les molécules de l'air, quelque figure qu'on leur suppose, sont nécessairement gênées, embarrassées, & à leur entrée, & dans l'intérieur d'un tube aussi étroit que le tube B C, tandis qu'elles n'éprouvent aucune difficulté à se jeter, & à agir dans un vaisseau d'une plus

grande capacité. Ce principe une fois admis, voici de quelle manière on explique les phénomènes en question.

Il ne peut y avoir équilibre entre deux colonnes de liqueur qui ont une base commune, qu'autant que la pression sur cette base sera égale de part & d'autre : or, cette pression dépend, & du poids de la colonne de liqueur élevée de chaque côté sur cette base, & de celui de l'air extérieur, qui s'appuie sur chacune de ces colonnes.

Mais, dans l'hypothèse actuelle, le poids de l'air se fait moins sentir sur la colonne élevée dans le tube capillaire B C, que sur la correspondante *p o*, dans le vaisseau A B.

La pression sur la base commune *o*, ne pourra donc être égale des deux côtés, qu'autant que la première de ces colonnes aura acquis plus de hauteur que la seconde, & que son excès d'élévation, dans le tube B C, compensera ce qui manque à la pression de l'air sur elle.

D'après le même principe on explique aussi facilement pourquoi une liqueur s'élève davantage au-dessus du niveau dans un tube capillaire d'un plus petit diamètre. L'air, dit-on, éprouve d'autant plus de difficulté à s'y introduire que son diamètre est plus petit : or, plus cette difficulté est grande, plus il consomme de sa force pour s'y introduire, & moins conséquemment

il lui en reste pour agir sur la colonne qu'il y rencontre, & sur laquelle il s'appuie.

Cette colonne presse donc proportionnellement moins sa base, & conséquemment elle doit s'élever davantage au-dessus du niveau, afin que son excès de hauteur lui procure le poids qui lui manque, & qu'elle soit en équilibre avec sa correspondante.

On ne peut, sans contredit, donner une explication plus simple, ni plus méchanique en même-temps de l'ascension des liqueurs au-dessus du niveau dans des tubes capillaires, & cette explication s'applique, on ne peut mieux, à ces mêmes phénomènes, lorsqu'au lieu de tubes com-

muniquans on ſe ſert d'un ſimple tube ouvert à ſes extrémités, & qu'on le plonge dans une maſſe de liqueur.

Alors les colonnes ambiantes & extérieures ſont, dit-on, plus preſſées de la part de l'air qui s'appuie librement ſur elles, que ne l'eſt celle qui s'élève dans l'intérieur du tube capillaire, & qui communique avec elles. Chacune de celles-ci preſſe donc plus fortement le fond du vaiſſeau, qu'il n'eſt preſſé par la colonne renfermée dans le tube.

Or, il ne peut y avoir équilibre entre cette dernière & les autres, qu'autant qu'elles preſſent toutes également le fond de ce vaiſſeau. Il faut donc que celle qui ſe trouve

renfermée dans le tube capillaire soit plus longue, plus élevée que les colonnes extérieures, & qu'elle le soit d'autant plus qu'elle est moins pressée par l'air.

Dans ce système, & dans tous ceux du même genre, on voit deux causes qui se réunissent pour élever une liqueur au-dessus du niveau dans un tube capillaire. La première de ces causes, je l'appelle *éloignée*, & c'est ici l'inégalité de la pression de l'air; la seconde qui l'accompagne, je la nomme *immédiate*; c'est la prépondérance ou de la colonne correspondante dans un tube communiquant, ou des colonnes extérieures & ambiantes, lorsqu'on plonge un

tube capillaire dans une maſſe de liqueur.

Je n'examinerai point ſi la première de ces deux cauſes eſt une cauſe réelle & admiſſible, s'il eſt auſſi vrai qu'il paroît douteux que la preſſion de l'air ne ſe faſſe point auſſi-bien ſentir dans l'intérieur d'un tube capillaire que dans un vaiſſeau d'une plus grande capacité : cet examen me jetteroit dans un embarras d'où il me feroit difficile, pour ne pas dire impoſſible, de ſortir.

On conçoit, en effet, que pour prononcer avec connoiſſance de cauſe ſur la difficulté avec laquelle on prétend que l'air pénètre par une très-petite ouverture, & agit dans

l'intérieur d'un tube capillaire, il faudroit connoître la forme, la figure de ses molécules constituantes. Or, je le demande, quel est celui qui peut se flatter d'avoir acquis cette connoissance?

Si à ce défaut, on imagine qu'on puisse s'en rapporter aux faits, à ce que l'expérience nous dit de cette difficulté, je pense qu'on ne se trouvera pas moins embarrassé, lorsqu'on verra plusieurs expériences qui l'attestent, & d'autres qui la récusent. Je n'en citerai que deux, & elles seront assez concluantes pour nous prouver qu'on ne peut prendre définitivement aucun parti à cet égard.

On ne peut évacuer aussi exac-

tement qu'on le fait ordinairement, l'air renfermé ſous le récipient d'une machine pneumatique, lorſque le canal qui le conduit de ce récipient dans la pompe, eſt plus étroit que de coutume, lorſqu'il a moins de deux fortes lignes de diamètre. C'eſt un fait connu depuis long-temps, & que j'ai eu occaſion de vérifier plus d'une fois. L'air paſſeroit-il donc plus difficilement par un canal étroit que par un autre qui feroit plus large? Si on étoit tenté de le croire, l'expérience ſuivante s'y oppoſeroit abſolument.

La colonne de mercure ſe ſoutient à la même hauteur, & ſuit exactement les mêmes variations dans un baromètre dont la cuvette ſe ter-

mine par un canal capillaire, & dans un autre très-large. L'air agit donc aussi-bien par un petit canal que par un grand.

A quoi donc se déterminer ici? le voici : à laisser de côté l'examen de la cause première qu'on met en jeu, dans cette hypothèse, & à prouver simplement qu'en l'admettant, elle ne répond point aux effets qu'on se propose d'expliquer. C'est le parti que nous allons prendre.

Si donc l'élévation des liqueurs au-dessus du niveau, dans un tube capillaire, vient de l'inégalité de la pression de l'air, pourquoi cette même cause, agissant sur du mercure, & dans les mêmes circonstances, ne

produit-elle point le même effet, au moins avec une moindre intensité? pourquoi le mercure ne s'élève-t-il pas même jusqu'au niveau dans un tube capillaire?

Pourquoi encore les liqueurs moins denses, toutes choses égales d'ailleurs, ne s'élèvent-elles pas davantage au-dessus du niveau dans un tube capillaire? Pourquoi l'esprit-de-vin, par exemple, s'y élève-t-il une fois moins que l'eau, comme je l'ai rapporté précédemment?

Le savant *Mussenbroeck* qui fait cette question, prétend, & avec raison, que si l'élévation des liqueurs dans les tubes capillaires, dépendoit de la moindre pression de l'air, dans l'intérieur de ces tubes, les liqueurs

s'y éleveroient en raiſon inverſe de leurs denſités, c'eſt-à-dire, qu'une liqueur moins denſe, s'y éleveroit proportionnellement davantage, ce qui va directement contre la majeure partie des expériences de ce genre.

Mais voici une difficulté bien plus grande encore contre cette opinion. Il eſt de fait, & perſonne ne peut en diſconvenir, que les phénomènes des tubes capillaires ont également lieu, & avec la même intenſité, dans le vuide qu'en plein air. Que répondre à ce fait? de mauvaiſes raiſons; car c'en eſt une de prétendre que le vuide ne ſe fait point aſſez exactement avec une machine pneumatique, pour qu'on puiſſe raiſon-

nablement conclure de cette expérience.

Je ne nie point que le vuide ne soit imparfait sous le récipient de la meilleure machine pneumatique; mais toujours est-il vrai que l'air qui y reste est extrêmement raréfié, & à raison de cette extrême raréfaction, on devroit au moins remarquer une différence notable dans l'élévation des liqueurs au-dessus du niveau.

Il ne faut certainement pas un cylindre de liqueur aussi haut pour compenser l'inégalité de la pression d'un fluide très-raréfié, que pour la compenser lorsqu'il jouit de toute sa densité naturelle. Cependant le phénomène est exactement le même dans

les deux circonſtances. La liqueur s'élève à la même hauteur au-deſſus du niveau en plein air, & ſous le récipient, lorſqu'on l'a évacué d'air autant qu'il eſt poſſible de l'évacuer.

Toutes ces raiſons réunies, & pluſieurs autres que nous pourrions ajouter, mettent donc en évidence la fauſſeté de l'hypothèſe dont il eſt ici queſtion ; je paſſe à la ſeconde. Celle-ci eſt auſſi ingénieuſe, auſſi méchanique que la précédente, & elle a même cet avantage ſur elle, qu'elle paroît confirmée par des expériences bien capables d'en impoſer au premier aſpect. Commençons par l'expoſer le plus clairement qu'il nous ſera poſſible.

Dans cette hypothèſe, comme dans

la précédente, l'élévation de la liqueur au-dessus du niveau, dans un tube capillaire, est attribuée à la même cause immédiate, à la prépondérance de la colonne correspondante dans le grand vaisseau, ou à celle des colonnes extérieures & ambiantes, lorsqu'on se sert d'un simple tube capillaire, & qu'on le plonge dans une masse de liqueur.

La seule différence qui distingue ces deux hypothèses se tire de la cause éloignée ou occasionnelle, qui détermine cette prépondérance. Ici ce n'est plus l'inégalité de la pression de l'air, ou de cette diversité de fluides imaginaires, dont nous n'avons pas voulu faire mention; mais que les partisans de la première

opinion ont pris plaisir à invoquer tour à tour; c'est l'adhérence que la liqueur contracte avec les parois intérieures du tube capillaire, adhérence qui, soutenant en partie la colonne élevée dans le tube, diminue d'autant de son poids sur la base, ou sur le fond du vaisseau qui la porte, & détermine par là, la prépondérance de la colonne correspondante, ou des colonnes extérieures ambiantes. Développons encore cette idée.

Je plonge un tube capillaire dans une masse de liqueur; aussitôt une colonne s'élève dans ce tube : en s'y élevant, elle touche ses parois, & contracte avec elles une adhérence qui la soutient en partie.

ſoutenue, elle pèſe moins ſur le fond du vaiſſeau que chacune des colonnes extérieures & ambiantes qui jouiſſent de tout leur poids. Celles-ci ont donc alors une prépondérance ſur la colonne renfermée dans le tube, & en vertu de cette prépondérance, elles l'élèvent au-deſſus du niveau, jusqu'à ce que ſon excès de hauteur lui ait rendu le poids qu'elle perd par ſon adhérence, & l'ait miſe en état d'équilibrer les autres.

Plus la colonne intérieure contractera d'adhérence avec les parois du tube, plus elle ſera ſoutenue, & plus conſéquemment elle aura beſoin d'être alongée, ou élevée au-deſſus du niveau, pour reprendre ce qui

manque à ſon poids. C'eſt ce qui arrive lorſque le tube eſt d'un plus petit diamètre ; parce qu'alors ſa ſurface intérieure eſt proportionnellement plus grande, les points d'attouchement plus multipliés, & conſéquemment l'adhérence plus forte entre la liqueur & les parois du tube.

Cette adhérence eſt inconteſtable. Perſonne n'ignore que les molécules d'une liqueur s'attachent & adhèrent plus ou moins fortement aux parois des vaiſſeaux qui la contiennent. Je n'en veux d'autre preuve qu'un exemple trop familier pour être ignoré de qui que ce ſoit.

Chaque fois qu'on rince un verre, il eſt impoſſible, quelques ſecouſſes

qu'on lui donne, d'en détacher entièrement les gouttes d'eau qui se sont attachées à sa surface. Leur adhérence ne peut être vaincue qu'en l'essuyant long-temps avec un linge sec.

Mais ce qui prouve plus fortement encore en faveur de l'opinion dont il est ici question, opinion imaginée par le célèbre *Vossius*, ce sont les expériences de M. *Carré*, expériences pleines de génie, & dont on trouvera le détail dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris. Nous n'en citerons que les résultats, & on verra qu'ils sont on ne peut plus imposans. Sont-ils aussi concluans? c'est ce que nous allons examiner.

Ce célèbre Académicien enduisit

de différentes matières grasses les parois intérieures de plusieurs tubes capillaires, & dans aucun d'eux la liqueur ne s'éleva au-dessus du niveau de celle dans laquelle il fut ensuite plongé : Or, voici l'induction que l'auteur crut devoir tirer de ce phénomène, contraire aux phénomènes ordinaires.

En enduisant de matières grasses, dit-il, les parois d'un tube, on s'oppose au contact immédiat de la liqueur avec ces parois, & on empêche qu'elle ne contracte d'adhérence avec elles : or, comme par cela seul, on met à néant les phénomènes des tubes capillaires, ces phénomènes dépendent donc évidemment de cette adhérence ?

A cette expérience déjà très-séduisante, M. *Carré* en ajouta une autre plus séduisante encore. Assez adroit pour n'enduire que la moitié de la surface intérieure de plusieurs tubes & selon leur longueur, il fit remarquer que ces tubes, étant ensuite plongés dans différentes liqueurs, aucune ne s'élevoit au-dessus du niveau, du côté ou le tube étoit enduit, bien qu'elle s'y élevât du côté opposé; de sorte qu'on vit avec une surprise mêlée d'admiration la colonne de liqueur former comme une espèce de bec de flute, qui partoit du niveau, & s'élevoit en montant vers la partie non enduite du tube.

Je le disois, il n'y a qu'un mo-

ment, ces expériences sont on ne peut plus imposantes; les inductions qu'on en tire n'ont rien qui paroisse forcé; au contraire, elles paroissent très-naturelles; peut-être même seroit-il difficile d'indiquer une hypothèse qui eût plus l'apparence de la vérité. Mais telle est la triste condition de l'esprit humain, que souvent il n'embrasse qu'une chimère au moment où il s'applaudit d'avoir trouvé la véritable cause des phénomènes qu'il veut expliquer, & c'est le jugement que je crois devoir porter d'une opinion à laquelle M. *Carré* imagina avoir imprimé le sceau de l'évidence.

Et d'abord j'observe qu'une couche d'huile, ou de toute autre matière grasse

graſſe quelconque, interpoſée entre la colonne de liqueur & les parois du tube, quelque mince qu'on la ſuppoſe, exclut le contact immédiat entre l'une & l'autre, & c'en eſt aſſez pour empêcher le tube d'exercer ſa force attractive ſur la liqueur; puiſque dans l'attraction, à petites diſtances, cette force devient nulle, ou preſque nulle, au plus petit degré d'éloignement du contact; or, cela ſeul ſuffit pour me faire ſuſpecter le méchaniſme de l'adhérence, & ſurtout l'induction que M. *Carré* tire de ſes tubes enduits; mais voici une preuve plus directe contre cette opinion.

Je demande pourquoi l'effet de cette adhérence ſe trouve nul, lorſ-

qu'on emploie du mercure à ces sortes d'expériences ? dira-t-on que de sa nature le mercure est incapable de contracter aucune adhérence avec les parois de ces sortes de tubes ? j'y consens ; mais au moins devroit-il s'y élever jusqu'au niveau de celui qui est contenu dans le vaisseau communiquant, & l'expérience atteste constamment le contraire.

Enfin, lorsque je considère que la liqueur ne s'élève pas davantage au-dessus du niveau, dans un tube capillaire bien calibré, soit qu'on le plonge à une petite ou à une grande profondeur, je vois que l'effet ne répond point à la cause à laquelle on voudroit l'attribuer ; puisque dans une immersion plus profonde, il y a

certainement un plus grand nombre de points de contact, plus d'adhérence, plus de parties ſoutenues dans la colonne qui s'élève dans le tube, & conſéquemment une plus grande prépondérance de la part des colonnes extérieures & ambiantes.

Cette objection, que j'emprunte de M. *Deſmarets*, eſt ſans réplique. Elle demanderoit peut-être à être développée, & je le ferois volontiers, ſi ce développement ne m'entraînoit dans des calculs mathématiques que je veux éviter. Je m'en tiens donc aux deux précédentes, & ſur-tout à celle que je tire de la conduite du mercure dans ces ſortes de tubes; elle eſt également ſans réplique.

J'ajouterai cependant encore une expérience qui me paroît d'autant plus importante à connoître, qu'elle réfute également bien & l'opinion dont il eſt ici queſtion, & la précédente, que nous avons déjà complétement réfutée.

Dans l'une & dans l'autre, on admet le concours de deux cauſes à la production des phénomènes des tubes capillaires; l'une, comme je l'ai déjà remarqué, *éloignée*, l'autre *immédiate*. Celle-ci eſt la même dans les deux hypothèſes; c'eſt la prépondérance des colonnes extérieures.

Dans la première, cette prépondérance eſt occaſionnée par l'inégale preſſion de l'air; dans la ſeconde,

par l'adhérence de la liqueur aux parois du tube. De quelque manière qu'elle ait lieu, cette prépondérance, c'eſt-elle que j'attaque, & l'expérience ſuivante prouve inconteſtablement que les phénomènes des tubes capillaires ſe manifeſtent parfaitement bien ſans le miniſtère de cette cauſe.

Je plonge un tube de cette eſpèce dans une liqueur colorée, & je vois cette liqueur s'y élever à une hauteur donnée au-deſſus du niveau. Je meſure cette hauteur, & je retire le tube, que j'évacue entièrement.

Cela fait, je le tiens dans une ſituation inclinée à l'horiſon, & je laiſſe tomber ſur un des points de ſa ſurface extérieure, quelques

gouttes de la même liqueur, que j'ai puisées avec le bout du doigt.

Ces gouttes, maitrisées par leur propre pesanteur, coulent sur la longueur du tube & arrivent vers son extrémité inférieure. Parvenues à cet endroit, & toujours soumises à la force qui les a fait descendre le long du plan incliné que le tube leur présente, il seroit naturel d'imaginer que, faute d'être soutenues plus loin, elles doivent tomber par terre. Point du tout : elles entrent dans l'intérieur du tube, elles surmontent, pour y entrer, l'effort de la gravité, & elles s'y élèvent à la même hauteur à laquelle cette liqueur s'y étoit élevée au-dessus du niveau, lors de l'immersion du tube.

Point ici de colonnes extérieures prépondérantes qui obligent la liqueur à s'élever dans le tube, & qui l'y retiennent à une hauteur donnée. Je ſuis donc en droit d'en conclure que dans les autres circonſtances, ce n'eſt point cette prétendue prépondérance qui produit le même phénomène. Il dépend donc d'une autre cauſe, & cette cauſe que pourroit-elle être choſe que l'attraction que nous avons fait connoître ſuffiſamment dans le volume précédent ?

Rappelons-nous qu'abſtraction faite des diſtances pour leſquelles il exiſte une loi invariable que nous avons indiquée & conſtatée, une loi que la plûpart des Phyſiciens voudroient modifier à leur gré, à raiſon de la

diversité de ces distances. Rappelons-nous, dis-je, que dans toutes les circonstances possibles, l'attraction est en raison directe des masses ; qu'une plus grande masse exerce proportionnellement une plus grande force attractive, & c'en est assez pour expliquer les phénomènes dont il est ici question.

A raison en effet de la plus grande densité du tube, les parties qui composent la colonne de liquide élevée dans un tube capillaire, sont plus maitrisées par la force attractive de ses parois, qu'elles ne le sont par la leur propre. Elles doivent donc céder à cet excès de force attractive qui les soutient jusqu'à un certain point, les rend plus

légères à proportion, & conféquemment exige que la colonne, renfermée dans le tube, foit plus longue, pour fe mettre en équilibre avec les colonnes de dehors.

Or, comme la furface du tube augmente à mefure que fon diamètre diminue, fa force attractive augmente dans la même proportion; puifqu'elle eft en raifon directe des points attractifs. L'effet qui s'en fuit doit donc être proportionnellement plus grand, & on ne doit point être furpris de voir la colonne de liqueur plus élevée au-deffus du niveau, dans un tube d'un plus petit diamètre.

Or, c'eft ici que les expériences de M. *Carré* jouent un rôle bien différent de celui qu'elles jouent dans

l'opinion de ce ſavant Académicien ; c'eſt ici que leurs réſultats s'expliquent parfaitement bien, parce qu'on conçoit qu'en interpoſant une lame de matière graſſe entre la colonne de liqueur & les parois du tube, on s'oppoſe à l'effet de l'attraction de celui-ci, dont la ſphère d'activité ne s'étend point ſenſiblement au-delà de ſa ſurface ; on l'empêche donc de maitriſer les parties de la colonne de liqueur qui ne ſont point en contact immédiat avec lui, & conſéquemment elle ne peut s'élever au-delà du niveau.

On nous dira peut-être que la cauſe que nous aſſignons ne diffère point de celle qu'admettoit notre ſavant Académicien ; que nous chan-

geons seulement sa dénomination, nous la présentons sous un nom différent : que ce soit l'attraction du tube, ou l'adhérence que la colonne de liqueur contracte avec ses parois, qui la soutienne en partie, c'est toujours la même chose; le fait est qu'elle est soutenue, & que c'est parce qu'elle est soutenue qu'elle s'élève au-dessus du niveau.

A cela nous répondrons que l'adhérence de la liqueur aux parois, lorsqu'elle existe, n'est que l'effet de l'attraction, & qu'on ne doit point confondre l'effet avec sa cause; nous ajouterons que si la colonne de liqueur n'étoit soutenue qu'à raison de son adhérence, il est nombre de phénomènes, & notamment, comme

nous l'avons obſervé ci-deſſus, ceux qui concernent la marche du mercure dans les tubes capillaires, qui ſeroient inexplicables; au lieu qu'en admettant l'attraction pour cauſe de ces phénomènes, il n'en eſt aucun dont on ne puiſſe rendre raiſon.

Pour ne parler que de ces derniers, conſidérons que la denſité du mercure étant plus grande que celle du tube, elle doit produire par rapport à lui-même, ce que l'excès de denſité du tube produit ſur une liqueur moins denſe que lui. De là la colonne du mercure élevée dans le tube, cédant à ſon excès de force attractive, ſe rapproche de la maſſe de ce fluide, & s'abaiſſe, dans le tube, au-deſſous du niveau.

Or,

Or, à proportion que cette colonne eſt plus grêle, ou que le diamètre du tube eſt plus petit, la maſſe attirante devient plus grande par rapport à la colonne qu'elle attire ; celle-ci doit donc céder davantage à la force qui la maitriſe & conſéquemment deſcendre proportionnellement davantage au deſſous du niveau.

Mais de quelle manière l'attraction, qui ſe décèle ſi manifeſtement ici, produit-elle cet effet ? comment ſe modifie-t-elle pour répondre à toutes les variétés qu'on obſerve dans les phénomènes des tubes capillaires? c'eſt en cela que gît la difficulté ; c'eſt ſur cela que les opinions ſont partagées, & c'eſt ce qui excite un ſchiſme entre les partiſans de l'attraction.

Chacun a sa manière de s'expliquer à cet égard.

Quelle multitude d'opinions plus compliquées les unes que les autres! Comment les faire connoître? Une simple analyse ne suffiroit pas; les exposer dans toute leur étendue, ce seroit fatiguer inutilement l'attention du Lecteur, sans le satisfaire; car il n'en est aucune qui réponde exactement à tous les phénomènes.

Cependant, & on ne peut disconvenir qu'à quelques difficultés près, auxquelles je ne me chargerois pas de répondre, il en est une beaucoup plus simple, plus raisonnable & plus satisfaisante que les autres: c'est celle que nous devons aux soins

& aux travaux de M. *Delalande*, ce ſavant aſtronome, qui vient d'ouvrir aux Dames un accès facile à une ſcience qu'il cultive & qu'il profeſſe avec la plus grande diſtinction, en leur offrant, dans cette Bibliothèque, les élémens les plus précis & les plus ſimples de l'Aſtronomie. Avec quelle adreſſe il eſt parvenu à écarter de la carrière qu'il leur fait parcourir, dans la vaſte étendue des cieux, toutes les difficultés qui euſſent pu les rebuter!

Je donnerois bien volontiers ici une analyſe ſuivie de l'excellente diſſertation dans laquelle il développe ſa manière d'appliquer l'attraction aux phénomènes des tubes capillaires,

ſi cette diſſertation étoit ſuſceptible d'être analyſée ſans rien perdre de ſon mérite, & ſi d'ailleurs elle n'exigeoit, de la part de celui qui voudroit profiter de cette analyſe, des connoiſſances mathématiques dont nous nous ſommes interdit l'uſage. Je crois donc qu'il eſt plus à propos de renvoyer le Lecteur à l'Ouvrage même de notre célèbre Aſtronome. Il fut imprimé en 1770, & on en trouve encore des exemplaires chez la veuve *Deſſaint.*

Quant aux autres ſyſtêmes de même genre, ceux dans leſquels on tourmente de différentes manières l'attraction, pour l'appliquer aux phénomènes des tubes capillaires, on les trouvera très-bien expoſés dans la

ſavante édition de l'Ouvrage de *Hauxbée*, que nous devons aux ſoins de M. *Deſmarets*. Cette édition fut faite en 1754, & l'Ouvrage eſt intitulé : *Expériences Phyſico-Méchaniques ſur différens ſujets*, &c. On y trouve également l'expoſition des autres ſyſtêmes dont nous avons parlé précédemment, & des modifications nombreuſes qu'on leur a données ſucceſſivement. Je paſſe à un objet plus important que des ſyſtêmes.

§. IV.

De l'équilibre des liqueurs de différentes denſités.

Parmi les liqueurs de différentes

densités, autrement dites *hétérogènes*, il en est plusieurs qui se mêlent & se combinent facilement ensemble; telles sont, par exemple, l'eau & l'esprit de vin. Il en est d'autres qui n'ont aucune affinité entre elles, aucune tendance à la combinaison, & qui conséquemment demeurent séparées dans le même vaisseau, lorsqu'on n'emploie ni intermèdes, ni moyens méchaniques qui puissent les obliger à se mêler & à se combiner.

Ce sont ces dernières, & ce sont les seules qui puissent nous permettre d'observer & de constater, par expérience, les loix auxquelles elles sont soumises dans leur équilibre. La mixtion qui s'opère par le seul contact

des autres, s'oppose à ces sortes d'observations.

Cela posé, je considérerai d'abord de quelle manière ces liqueurs se comportent entre elles, lorsqu'elles sont renfermées dans un même vaisseau, & ensuite lorsqu'elles sont contenues dans différens vaisseaux qui communiquent entre eux.

Mises dans le même je vois celle qui a plus de densité se précipiter à travers les autres, & gagner le fond du vaisseau sur lequel elle repose immédiatement. Au-dessus d'elle, je vois celle dont la densité approche davantage de la sienne, & qui est elle-même plus dense que celle qui la surnage immédiatement. En est-il une autre moins dense encore, elle

s'élève au-dessus, & ainsi de suite, à proportion que la densité de la liqueur diminue.

J'observe constamment ce phénomène, lorsque je renferme dans le même vaisseau du mercure, par exemple, de l'huile de tartre, de l'esprit de vin, & de l'huile de pétréole. Ces liqueurs se placent les unes au-dessus des autres, dans l'ordre que je viens de les indiquer & cet ordre est celui de leur densité respective, en commençant par la plus dense qui est le mercure.

Depuis long-temps on connoît ce phénomène en physique. Les anciens s'en servoient même pour désigner la position des corps relativement à l'un des quatre élémens prédominant

qui entroit dans leur composition. L'expérience étoit vraie, mais l'induction qu'ils en tiroient étoit une chimère digne de l'ignorance & de la barbarie de ces anciens temps.

Le mercure, disoient-ils, représente la terre, l'élément le plus dense & le plus fixe des quatre. Aussi occupe-t-elle, comme le mercure, la partie inférieure de l'espace dans lequel l'univers matériel est renfermé.

L'huile de tartre, qui surnage le mercure, représente les eaux qui dorment, ou coulent sur la surface du globe. L'esprit de vin montre la place que l'air occupe au-dessus des eaux, & l'huile de pétréole, qui surnage le tout, indique l'élément

du feu, qui habite, au-dessus des régions éthérées, dans le concave de la lune.

On a conservé cette expérience en physique, & on a laissé à l'appareil le nom de *phiole des quatre élémens*, non pour conserver la mémoire de l'absurdité que je viens de faire connoître, mais à dessein de prouver seulement que, renfermées dans un vaisseau, des liqueurs hétérogènes y occupent des places relatives à leurs densités respectives; la plus dense le fond & la moins dense le haut du vaisseau, ou que celle-ci surnage les autres. Si on l'agite ce vaisseau, les liqueurs se mêlent & se confondent; mais si on le laisse ensuite dans un état

de repos, on voit ce chaos ſe débrouiller, & chaque liqueur revenir à ſa place.

Ainſi diſpoſées les unes au-deſſus des autres, la plus légère ajoute au poids de celles qui ſont en deſſous, & contribue à la preſſion qu'elles exercent ſur le fond du vaiſſeau. Si cette vérité avoit beſoin de preuve, on la trouveroit dans l'expérience ſuivante.

Je verſe du mercure dans le vaiſſeau A B, (*Planche* 2, *Fig.* 3), juſqu'à une hauteur donnée, ſuppoſons *c f*, & je vois ce fluide s'élever dans le tube communiquant B C, juſqu'à la même hauteur *e g*. Je verſe par-deſſus le mercure, & dans le vaiſſeau A B, un autre fluide

plus léger que lui, de l'eau par exemple, ou de l'esprit de vin, & j'en verse encore jusqu'à une hauteur déterminée que je suppose *h i*.

Bien que la première de ces deux liqueurs pèse près de quatorze fois moins que le mercure, & l'esprit de vin encore moins, l'une & l'autre augmentent sensiblement le poids du mercure sur le fond du vaisseau, & contre la colonne de mercure élevée dans le tube communiquant B C. Celle-ci, cédant donc à cet excès de pression, s'élève au-dessus de la hauteur *e g*, ou elle étoit fixée; non cependant jusqu'au niveau de *h i*, mais à une hauteur moyenne & proportionnée à l'addition du poids occasionné par l'eau ou l'esprit de

vin; & si on vient à comparer cette hauteur, supposons *K l*, à celle de l'eau ou de l'esprit de vin *i h*, dans le grand vaisseau A B, on trouvera qu'elle est en raison réciproque de la densité du mercure & de l'eau, ou de l'esprit de vin, & c'est ce qu'exige la loi générale de l'équilibre des liqueurs hétérogènes renfermées dans des vaisseaux communiquans.

C'est effectivement une loi constante en hydrostatique, que les liqueurs hétérogènes, ou de densités différentes sont en équilibre entre elles, dans des vaisseaux communiquans, lorsque leurs hauteurs perpendiculaires au-dessus de la base qui leur est commune, sont en raison réciproque de leurs densités; je veux

dire, lorſque la moins denſe eſt proportionnellement plus élevée dans ſon vaiſſeau, que la plus denſe ne l'eſt dans le ſien; parce qu'alors ſon excès de hauteur compenſe ce qui manque à ſa denſité. Par cette compenſation, la baſe eſt également preſſée de part & d'autre, & c'eſt dans cette égalité de preſſion ſur la baſe, que conſiſte l'équilibre.

Si donc je ſuppoſe qu'on verſe dans le tube ABC, (*Planche* 2, *Fig.* 2), deux liqueurs de denſité différentes, l'une dans la branche AB, l'autre dans la branche BC, l'expérience prouvera que ces deux colonnes de liqueurs ne feront en équilibre entre elles, qu'au moment ou leurs hauteurs perpendi-

culaires, au-dessus de la base B *o*, seront en raison réciproque de leurs densités.

Supposons que l'une de ces liqueurs, celle qui sera versée dans la branche BC, soit une fois moins dense que l'autre, & qu'elle s'élève en *d*; vous verrez celle de la branche AB, fixée en *e*, moitié de la hauteur B*d*, & dans cet état elles seront en équilibre.

Eu égard à la densité de cette dernière, que nous supposons double, chaque tranche de cette liqueur pèse une fois davantage sur la base B *o* qui la porte, que chaque tranche semblable de celle qui est contenue dans la branche opposée BC. Cette base sera donc également pressée de

part & d'autre, ſi le nombre des tranches contenues dans la branche B C eſt double de celui que renferme la branche AB, & c'eſt préciſément ce qui arrivera, ſi la hauteur B *e* de cette dernière liqueur eſt ſoudouble, ou une fois moindre que la hauteur B *d*. D'où je conclus que les liqueurs de différentes denſités ſont en équilibre, dans des tubes communiquans, lorſque leurs hauteurs perpendiculaires au-deſſus de la baſe commune, ſont en raiſon réciproque de leurs denſités.

On pourroit tirer un excellent parti de l'invariabilité de cette loi, pour connoître les denſités reſpectives de différentes liqueurs, ſi ce moyen n'exigeoit des précautions fort em-

barassantes dans la pratique. Nous en préférons donc un autre que nous exposerons dans le Paragraphe suivant.

§. V.

De la pesanteur spécifique des solides & des liquides.

On entend par *pesanteur spécifique*, le poids d'un corps sous un volume donné. D'où l'on comprend qu'elle ne diffère point de ce que nous avons appelé jusqu'à présent *densité*. Plus en effet un corps est dense, plus il contient de parties sous le même volume, & plus aussi son poids augmente sous ce volume; puisque le

poids d'un corps répond exactement au nombre de parties pesantes qu'il contient; mais comment connoître la pesanteur spécifique d'un corps de quelque espèce qu'il soit? c'est l'objet de ce Paragraphe, & l'hydrostatique nous offre différens moyens que nous allons faire connoître.

Pour mieux les saisir, nous mettrons en avant quelques principes fondés sur l'expérience, & on verra que ces moyens en découlent naturellement.

Et d'abord, si je prends un corps fort léger, supposons un morceau de liége, & que je le jette sur la surface d'une masse d'eau, je le vois surnager & flotter sur elle. Il s'y enfonce néanmoins jusqu'à un cer-

tain point, mais moins qu'un autre corps qui feroit plus pefant que lui, & cependant plus léger que l'eau, tel qu'un morceau de bois.

Pareillement, en jetant fur l'eau des bois de différentes denfités, tous furnagent, mais tous s'enfoncent plus ou moins & d'autant plus profondément qu'ils font plus denfes.

Si la denfité d'un corps étoit égale à celle de l'eau, comme elle fe trouve dans une boule de cire, leftée de quelques grains de plomb, le corps s'enfonceroit entièrement dans l'eau, jufqu'à ce qu'il eût déplacé un volume de liquide égal au fien, & en quelqu'endroit de la maffe d'eau quon le plongeât, il y demeureroit en repos ou en équilibre.

Mais si on jetoit sur l'eau un corps dont la densité fût plus grande que celle de ce liquide, tel qu'un morceau de métal quelconque, une pierre, &c. ce corps s'enfonceroit, de lui même, & se précipiteroit au fond.

Rien de plus généralement connu que ces sortes de phénomènes, que le vulgaire observe journellement, sans y faire la moindre attention, & encore moins sans pouvoir en tirer les inductions qu'ils présentent, inductions cependant intéressantes pour le Physicien, en ce qu'elles le mettent à portée de connoître la pesanteur spécifique de toute espèce de corps.

Et d'abord, dès qu'un corps plus

léger que l'eau ſurnage, en déplaçant néanmoins une certaine quantité de ce liquide, j'en conclus que le poids de ce corps égale celui de la quantité d'eau qu'il déplace, & pourquoi? parce que la colonne qui le porte, & à laquelle il enlève une portion de ſa hauteur, reſtant en équilibre avec les colonnes collatérales & ambiantes, il faut de toute néceſſité que le poids de ce corps remplace celui de la quantité d'eau déplacée. Sans cela, le poids de cette colonne ne ſeroit plus le même que celui des colonnes circonvoiſines, & conſéquemment elle ne ſeroit plus en équilibre avec elles.

De là je comprends pourquoi un corps plus peſant que le précédent,

mais plus léger encore que l'eau, s'enfonce davantage dans ce liquide. Son poids, ajouté à celui de la colonne qui le porte, ne peut être égal à celui des colonnes collatérales, qu'autant que cette colonne perdra proportionnellement davantage du sien. Or, cette perte ne pouvant se faire qu'aux dépens de sa hauteur, c'est-à-dire, à raison de l'immersion du corps étranger, il faut donc que celui-ci s'enfonce proportionnellement davantage.

Voilà donc un principe incontestable en hydrostatique : qu'un corps spécifiquement moins pesant que le liquide dans lequel on le plonge, surnage ; mais s'y enfonce jusqu'au point de déplacer un volume de

liquide dont le poids égale la totalité du ſien.

Que conclure de là ? le voici : que le même corps d'un poids & d'un volume donnés, & toujours ſpécifiquement moins peſant que les liquides dans leſquels on le plongera, s'enfoncera dans tous, mais à des profondeurs différentes; plus dans ceux qui ſeront moins denſes, moins dans ceux qui ſeront plus denſes, & ces différens degrés d'immerſion bien connus indiqueront la peſanteur ſpécifique de ces liquides.

Ce moyen de connoître la peſanteur ſpécifique des liquides, n'eſt point un moyen nouveau; on l'emploie depuis pluſieurs ſiècles; preſque

tout le monde en fait uſage; mais preſque tout le monde ignore que ce moyen, auſſi ſimple qu'ingénieux' fut imaginé par une femme ſavante, qui, la première ſut tirer parti de ce phénomène hydroſtatique.

Cette femme ſe nommoit *Hypacie*; elle étoit fille du célèbre *Theon*, grand philoſophe, & très-verſé dans l'étude des Mathématiques. Elle tint pendant quelques années, & avec la plus grande diſtinction, la fameuſe école d'Alexandrie, école déjà célèbre par les grands hommes qui l'avoient dévancée dans cette carrière. Elle vivoit dans le quatrième ſiècle : digne d'un meilleur ſort, elle fut tuée dans une émeute populaire.

Ce fut donc *Hypacie* qui imagina cet

cet inſtrument ſi répandu ſur-tout dans le commerce des eaux-de-vie, inſtrument qu'on appelle *aréomètre ;* ou plus communément *pèſe-liqueur*. Il faut en convenir : il ſortit bien imparfait des mains de ſon auteur, & il s'eſt écoulé bien des ſiècles avant même qu'on ait penſé à le perfectionner & à le rendre comparable.

J'ajouterai que, malgré les recherches immenſes, les travaux inconcevables qu'on a faits, & particulièrement dans ces derniers temps, pour l'amener au degré de perfection qu'on voudroit lui donner, il eſt encore fort éloigné de répondre à nos déſirs. Tel qu'il eſt cependant, le commerce des liqueurs, la chimie,

& ſur-tout la pharmacie, en tirent tous les jours un très-grand parti.

Il eſt trop généralement connu pour qu'il ſoit néceſſaire d'inſiſter ſur ſa deſcription; mais nous croyons qu'il eſt important de faire connoître à nos lecteurs la manière de le graduer auſſi exactement qu'il eſt poſſible, ne fût-ce que pour les mettre à portée de juger de l'exactitude de celui qu'on leur préſenteroit.

Tout le monde ſait que cet inſtrument eſt composé d'un tube cylindrique de même diamètre dans toute ſa longueur, & dans lequel on renferme une échelle tracée ſur une bande de papier. Au bas de ce tube, qui doit être hermétiquement fermé à ſon extrémité ſupérieure, eſt une

boule soufflée, d'un pouce ou environ de diamètre. Sous celle-ci, on en voit une autre beaucoup plus petite séparée de la première par un col plus ou moins alongé. Cette dernière contient une certaine quantité de mercure qui sert à lester l'instrument, & à le contenir dans une situation verticale, lorsqu'il est plongé dans une liqueur.

Le destine-t-on à indiquer la pesanteur respective de différens liquides spécifiquement moins pesans que l'eau distillée, on commence par le plonger dans une masse de cette eau, dans laquelle on a fait fondre une certaine quantité de sel marin bien purifié & bien sec; dix onces, par

exemple, pour quatre-vingt-dix onces d'eau distillée ; mais il faut alors que le pèse-liqueur soit lesté de façon qu'il s'enfonce dans cette eau ainsi préparée, à deux ou trois lignes au-delà de sa grosse boule ; ce qui dépend de la quantité de mercure renfermée dans la petite, quantité qu'on augmente, ou qu'on diminue au besoin. Alors on marque un point sur la tige de l'instrument, & ce point indiqué par un zéro, sur l'échelle qu'on insère en dedans, est le premier degré d'immersion.

Cela fait, on retire le pèse-liqueur, & on l'essuie exactement pour le plonger ensuite dans une masse d'eau distillée, dans laquelle il s'enfonce à une plus grande pro-

fondeur, qu'on marque encore ſur la tige, pour la rapporter ſur l'échelle. On diviſe en dix parties égales, l'eſpace compris entre la première & la ſeconde immerſion. Ces dix degrés qui ſe rapportent à la proportion du ſel, avec la maſſe du liquide dans lequel on l'a fait fondre ; ces dix degrés, dis-je, une fois trouvés, ſervent d'étalon ponr continuer l'échelle qui doit aller juſqu'à cinquante degrés, afin que l'inſtrument puiſſe ſervir à connoître la peſanteur reſpective de l'eſprit de vin le plus déphlegmé, dans lequel cependant il ne deſcend jamais juſqu'à la hauteur du cinquantième degré.

Si au contraire on deſtinoît le pèſe-liqueur à indiquer la peſanteur

respective de différens liquides spécifiquement plus pesans que l'eau distillée, on procéderoit de la même manière, mais inversement : je m'explique.

On le lesteroit moins que le précédent & de façon que plongé dans de l'eau distillée, il s'enfonçât jusque vers le haut de sa tige, & on marqueroit un zéro à l'endroit de son enfoncement. Puis le plongeant dans de l'eau distillée, salée selon la proportion indiquée ci-dessus, il s'y enfonceroit moins d'une quantité donnée, qu'on marqueroit encore, & on diviseroit en dix parties égales l'espace compris entre ces deux degrés d'enfoncement, ayant soin de disposer de haut en bas la progression

naturelle des chiffres, & non de bas en haut, comme dans le précédent. Ces dix degrés trouvés ferviroient à continuer l'échelle jufqu'à la naiffance de la boule.

On conçoit facilement le fervice qu'on peut tirer de ces deux inftrumens; le premier deftiné aux liqueurs fpiritueufes, moins denfes que l'eau; le fecond, à celles qui font plus denfes qu'elle, telles que les eaux chargées de fel. Le premier annonce donc une liqueur d'autant plus fpiritueufe, qu'il s'y enfonce davantage; le fecond, une liqueur d'autant plus riche en fel, qu'il s'y enfonce moins.

Je ne m'étendrai pas davantage fur l'ufage du pèfe-liqueur. Cepen-

dant je ne dois pas laisser ignorer que ses indications varient, & même d'une quantité assez notable, de l'hiver à l'été, & pourquoi ? parrce que la chaleur dilatant tous les corps, & plus encore les liquides que les solides, leur pesanteur spécifique diminue à proportion que la température de l'air s'échauffe.

On ne peut donc rigoureusement compter sur les indications du pèse-liqueur, qu'autant qu'on a soin d'amener les liqueurs à éprouver, à la température de celles dont on s'est servi pour graduer l'échelle. Je passe à un autre moyen plus général, en ce qu'il nous met à portée de découvrir la pesanteur spécifique

des corps de toute eſpèce, liquides ou ſolides.

Nous avons dit précédemment qu'un corps ſpécifiquement plus peſant que le liquide dans lequel on le plonge, s'y enfonce & ſe précipite juſqu'au fond de ce liquide. Nous obſerverons actuellement qu'il ne s'y précipite point avec la totalité de ſon poids, & cela, parce que le liquide dans lequel il tombe, ſoutient une partie de ce poids.

L'expérience nous apprend en effet qu'un corps de même peſanteur ſpécifique que le liquide dans lequel on le plonge, y demeure en équilibre dans tous les endroits de ſon immerſion. C'eſt ce qui arrive, comme nous l'avons obſervé ci-deſſus,

à une boule de cire plongée dans l'eau, lorſqu'on a eu ſoin de la leſter convenablement de plomb. Or, pourquoi cette boule demeure-t-elle en équilibre? elle y demeure, parce que déplaçant un volume d'eau dont le poids eſt égal au ſien, elle produit, ſur la colonne qui la porte, la même preſſion que produiſoit le volume d'eau dont elle a pris la place.

Or, comme les colonnes d'un liquide quelconque ne peuvent être en équilibre entre elles, qu'autant qu'elles pèſent toutes également ſur la baſe, chaque fois qu'on plonge un corps dans un liquide, on déplace une portion de la colonne dans laquelle on le plonge. Il faut donc

que le corps, qui prend la place du volume déplacé, rende, à la colonne qui le porte, le poids qu'il lui fait perdre par ce déplacement; mais, comme il ne peut le lui rendre qu'aux dépens de ſon propre poids, il perd donc de ſon poids total autant que pèſe le volume de liquide dont il occupe la place, & conſéquemment il ne lui reſte que l'excédent de ſon poids, avec lequel il tombe & ſe précipite au fond du liquide.

L'expérience confirme parfaitement cette importante vérité, & c'eſt un principe univerſellement reçu en hydroſtatique, qu'un corps ſpécifiquement plus peſant que le liquide dans lequel on le plonge y perd de ſon

poids, autant que pèſe le volume de liquide qu'il déplace.

De là, je conclus que plongé dans des liquides de différentes denſités, le même corps perdra d'autant plus de ſon poids que ces liquides feront plus denſes, ou qu'ils auront plus de peſanteur ſpécifique; puiſque déplaçant, dans chacun, le même volume, le volume déplacé péſera d'autant plus qu'il appartiendra à un liquide plus denſe. Voilà donc un moyen auſſi ſimple qu'exact de connoître la peſanteur ſpécifique des liquides.

Il n'eſt pas moins propre à nous indiquer celle des ſolides. Et d'abord il eſt conſtant qu'en réduiſant au même poids tous ceux dont on voudra

déterminer

déterminer la pesanteur spécifique, ils différeront tous en volume, de façon que ceux dont la pesanteur spécifique sera moindre, auront un volume proportionnellement plus grand.

C'est ce qu'on remarque sensiblement dans le cuivre & dans le plomb, par exemple : la pesanteur spécifique du plomb étant plus grande que celle du cuivre, un poids donné de ce dernier métal est plus volumineux qu'un semblable poids de plomb.

Si on réduit donc au même poids, comme nous venons de le dire, tous les solides dont on voudra connoître la pesanteur spécifique, & qu'on les pèse ensuite les uns après les autres, dans le même liquide, ceux qui auront moins de pesanteur spécifique,

en déplaceront un plus grand volume, & conſéquemment perdront davantage de leur poids. On connoitra donc leur peſanteur ſpécifique, qui ſera en raiſon inverſe des poids qu'ils perdront dans leur immerſion.

Bien que très-ſimple, cette opération n'eſt point toujours praticable. Elle ne le feroit point, par exemple, ſi le ſolide dont on voudroit connoître la peſanteur ſpécifique étoit trop petit pour être de même poids que ceux qu'on auroit éprouvés, & auxquels on voudroit le comparer. Un autre inconvénient encore qui ſe préſenteroit ſouvent, ce feroit la perte qu'il faudroit eſſuyer pour réduire le corps au poids indiqué.

Voudroit-on, par exemple, caſſer

une boîte d'or, pour en prendre le poids convenable à cette opération ? je ſais que dans toutes ces circonſtances, il eſt des moyens de parer aux inconvéniens, mais ces moyens ſont compliqués. Je préfère donc le procédé plus général que voici, en ce qu'il n'exige point que l'opération ſe faſſe ſur un poids fixe & déterminé.

Peſez d'abord dans l'air le corps dont vous voulez connoître le peſanteur ſpécifique, & tenez compte du poids que vous trouverez; peſez-le enſuite dans l'eau : il eſt conſtant que ſon poids ſera moindre de toute la quantité qu'il aura perdue par cette immerſion. Cherchez la différence de ces deux poids, de celui qu'il pèſe dans l'air, à celui qu'il pèſe dans

l'eau ; divisez par cette différence le poids qu'il pèse dans l'air, & le quotient vous donnera la pesanteur spécifique : un exemple rendra ce procédé plus sensible.

Je suppose qu'un morceau de cuivre pesé dans l'air, pèse 144 grains ; si on le pèse dans de l'eau distillée, il ne pèsera plus que 128 grains ; il y a donc ici 16 grains de différence entre son poids dans l'eau & son poids dans l'air. Si on divise celui-ci ou 144 par cette différence 16, le quotient 9 indiquera la pesanteur spécifique de ce morceau de cuivre relativement à celle de l'eau distillée, qui sert ordinairement de terme de comparaison dans ces sortes d'expériences, & qu'on désigne par l'unité.

Je n'insisterai point sur les précautions qu'il faut prendre, pour mettre dans cette opération toute l'exactitude qu'elle exige. Je dirai seulement qu'elle en exige beaucoup ; mais ces connoissances ne sont nécessaires qu'à ceux qui se proposent de dresser des tables de pesanteurs spécifiques, & tant d'habiles physiciens se sont occupés de cet objet, qu'on peut s'en rapporter aux résultats de leurs expériences, sans se donner la peine de les répéter.

J'observerai cependant ici que les tables qu'ils ont dressées ne se rapportent point exactement entre elles ; ce qui vient, non de l'inexactitude de leurs expériences, mais des difficultés presqu'insurmontables que ces sortes d'opérations présentent.

N'y eût-il que la densité de l'air, qui varie d'un jour à l'autre, c'en seroit assez pour apporter une différence sensible dans le résultat de ces expériences, faites d'ailleurs avec toute l'attention possible.

Tout corps en effet qu'on pèse dans l'air, y perd nécessairement une partie de son poids, & plus à proportion qu'il est plus volumineux, ou que l'air est plus dense. C'est une suite nécessaire du principe général établi ci-dessus : que tout corps plongé dans un liquide, ou un fluide spécifiquement moins pesant que lui, y perd de son poids autant que pèse le volume de liquide dont il occupe la place.

Or, la densité de l'air, ainsi que

le volume d'un corps étant deux quantités très-variables, à raison de plusieurs circonstances qui influent sur l'une & sur l'autre, il s'ensuit nécessairement qu'un même corps pesé, en différens temps dans l'air, doit avoir un poids différent, & c'en est assez, abstraction faite des autres circonstances qui peuvent s'y joindre, pour mettre des différences sensibles dans les résultats des expériences qu'on fait pour déterminer la pesanteur spécifique des corps.

En ne considérant ici que la différence qui se trouve naturellement dans le volume des corps qu'on pèse dans l'air, on conçoit que plus ils auront de volume, toutes choses égales d'ailleurs, plus ils perdront

de leur poids. De là, le marchand, qui eſt intéreſſé à ne donner de ſa marchandiſe que le poids qu'on lui paye, a grand ſoin, autant qu'il lui eſt poſſible, de la réduire à un très-petit volume, ſur-tout lorſqu'elle en mérite la peine, & qu'elle eſt naturellement très-volumineuſe.

Voyez, par exemple, de quelle manière on pèſe l'édredon, comme on le taſſe, comme on le ſerre : ſans cette précaution, le marchand ſe trouveroit fort éloigné de ſon compte, eu égard à l'excès de volume de cette ſubſtance ſur les poids dont il ſe ſert pour la peſer.

C'eſt d'après une conſidération de cette eſpèce, qu'on demande aſſez ordinairement : qui de cent livres de

plomb, ou de cent livres de plumes pèſe davantage ? Si la queſtion paroît abſurde au premier aſpect, elle eſt cependant fondée ſur les loix de l'hydroſtatique, & on peut aſſurer que l'excès de poids ſe trouve réellement du côté de la plume.

La raiſon en eſt toute naturelle. La plume eſt incomparablement plus volumineuſe que le plomb, elle perd donc beaucoup plus que lui de ſon poids, lorſqu'on la pèſe contre lui dans l'air. De là on conçoit qu'il faut plus de cent livres de plumes pour équilibrer cent livres de plomb. Paſſons maintenant à la conſidération des eaux qui coulent.

SECONDE SECTION.

De l'Hydraulique.

L'hydraulique eſt une partie de la méchanique des liquides qui traite, comme nous l'avons dit précédemment, des eaux qui coulent librement par des ouvertures faites à leurs réſervoirs, ou par des canaux diſpoſés de manière qu'elles puiſſent jaillir, ou enfin dans des lits que la nature ou l'art leur ont préparés. Ces trois objets, dignes de toute l'attention du phyſicien, feront la matière des trois paragraphes ſuivans.

Nous ne nous propoſons point d'entrer dans des détails fort éten-

dus, ni d'approfondir ces matières. Nous ne pourrions le faire à la ſatisfaction de ceux de nos lecteurs auxquels le calcul algébrique n'eſt point aſſez familier pour qu'il puſſent entendre & ſuivre les formules dont nous ſerions obligés de nous ſervir. Nous ne nous propoſons donc que d'établir les principes généraux de l'hydraulique ; & ces principes, clairement expoſés, nous donneront l'idée & nous feront comprendre l'importance d'une ſcience qu'on ne peut trop étudier, trop cultiver & trop approfondir.

§. Ier.

Des liquides qui coulent par des ouvertures faites aux vases qui les contiennent.

Si on fait deux ouvertures égales E & F au fond d'un vase A B C D, (*Planche 2, Fig. 5*), rempli d'eau, & disposé parallèlement à l'horizon, elle s'écoulera avec la même rapidité par l'une & l'autre ouverture, & en temps égaux, il s'en sera écoulé la même quantité par chacune d'elles.

Tout est égal dans cette supposition; les deux colonnes G E & H F, qui répondent aux ouvertures E & F, ont même base & même hauteur.

Chaque lame de liquide qui s'y présente, eſt donc égale & également preſſée, ou également ſollicitée à s'écouler. La même quantité de liqueur doit donc, en temps égaux, s'échapper avec la même vîteſſe par ces deux ouvertures.

Or, comme la preſſion des liquides s'exerce uniformément en toutes ſortes de ſens, ainſi que nous l'avons démontré, dans la première ſection, j'en conclus que deux ouvertures égales, faites de part & d'autre aux parois du vaiſſeau, & à même hauteur au-deſſus du fond, doivent fournir des quantités d'eau égales, en temps égaux, & juſque-là, point de difficulté pour la dépenſe de l'eau.

Il n'en feroit pas de même de l'évacuation de deux vafes dont les diamètres feroient différens, quoique remplis d'eau jufqu'à la même hauteur & percés à leurs fonds de deux ouvertures égales, tels que les vafes A & B, (*Planche 2, Fig. 6*), les temps de leurs écoulemens feroient entre eux comme leurs bafes.

Concevons en effet ces deux vafes divifés de haut en bas en un certain nombre de lames extrêmement minces & parallèles à l'horizon. Ces deux vafes étant de même hauteur, le nombre de ces lames fera égal de part & d'autre : or, il eft conftant que le temps employé par le liquide pour parcourir la première lame de l'un de ces vafes, fera à celui que le

même liquide emploiera à parcourir la lame ſemblable, dans l'autre vaſe, comme la ſurface de la lame d'eau qui s'écoulera dans le premier, eſt à la ſurface de celle qui s'écoulera dans le ſecond; mais ces ſurfaces ſont entre elles comme les baſes; d'où je conclus, en appliquant le même raiſonnement aux autres lames conſécutives, que les temps de leurs écoulemens ſeront entre eux, comme les ſuperficies de leurs baſes; double pour le vaſe A, ſi la baſe eſt double de celle du vaſe B, & c'eſt une vérité que le ſavant *Picard* a démontrée par expérience.

Mais en ſuppoſant les vaſes de même diamètre, ſi la hauteur du liquide n'étoit point la même au-deſſus des

ouvertures par lesquelles il doit s'écouler, on conçoit qu'il couleroit moins rapidement par celle qui répondroit à la plus petite hauteur, & que la dépense, ou la quantité d'eau écoulée, dans le même temps, seroit moindre.

Je suppose que la colonne H F, (*Planche 2*, *Fig. 5*), soit réduite à la hauteur I F; il est constant que les lames d'eau qui se présenteront à l'ouverture F, seront moins pressées qu'elles le seroient, si la colonne jouissoit de toute la hauteur H F, & conséquemment ces lames s'écouleront moins rapidement. Reste donc à connoître maintenant la différence qui doit se trouver, & dans la vîtesse de l'écoulement,

& dans la quantité d'eau fournie, dans un temps donné. La proposition suivante va nous l'apprendre.

Lorsque tout est égal d'ailleurs, & que la seule différence gît dans les hauteurs du liquide au-dessus des ouvertures par lesquelles il doit couler, les vitesses avec lesquelles il coule sont comme les racines quarrées des hauteurs. Je m'explique.

La racine quarrée d'un nombre est un nombre qui, multiplié par lui-même, donne un produit égal au nombre dont il est la racine quarrée. Ainsi donc 1 est la racine quarrée de 1; parce que 1 multiplié par 1, donne 1 pour produit. La racine quarrée de 4 est 2, parce que 2 multiplié par 2, donne 4

pour produit ; celle de 9 eſt 3 ; parce que 3 multiplié par 3 donne 9 au produit, &c.

Cela poſé, je ſuppoſe que la hauteur de la colonne I F, qui doit s'écouler par l'ouverture F, étant déſignée par 1, celle de la colonne H F, ſoit exprimée par 4, ou qu'elle ſoit quadruple de la première en hauteur. Dans ce cas, l'expérience nous montre que la vîteſſe avec laquelle la colonne I F s'écoule, eſt à celle de la colonne H F, dans le rapport de 1 à 2, ce que prouvent les quantités d'eau écoulées dans le même temps.

Cette expérience imaginée, & d'abord tentée par le fameux Père *Merſenne*, a été répétée nombre de

fois après lui, & toujours avec le même ſuccès : toujours les quantités d'eau écoulées & comparées, ſe ſont trouvées dans le rapport de 1 à 2 : or 1 & 2 ſont les racines quarrées des nombre 1 & 4, qui repréſentent les hauteurs du liquide, au-deſſus des ouvertures par leſquelles il s'écoule. Il eſt donc conſtant que les vîteſſes de l'écoulement, dans la ſuppoſition qu'il n'y a de différence que dans les hauteurs du liquide au-deſſus des ouvertures, ſont entre elles comme les racines quarrées de ces hauteurs.

La raiſon vient on ne peut mieux ici à l'appui de l'expérience. Quelle eſt en effet la puiſſance qui règle l'écoulement de l'eau par une ou-

verture pratiquée au fond du vaſe ? c'eſt, ſans contredit, la preſſion qu'éprouve la lame inférieure du liquide, de la part de celles qui ſont au-deſſus d'elles. Or cette preſſion eſt en raiſon directe du nombre de ces lames, ou de la hauteur du liquide au-deſſus de l'ouverture ; d'où je conclus que l'écoulement n'eſt que l'effet de la gravité, & conſéquemment que cet effet ne peut être différent de celui qu'on obſerve dans les corps qui tombent librement de différentes hauteurs, & dont les vîteſſes ſont comme les racines quarrées des hauteurs d'où ils tombent.

Si on ſe rappelle ce que nous avons démontré dans le premier volume, relativement aux loix de

la gravité, on ſe rappellera que les eſpaces parcourus librement, en vertu de cette force, croiſſent comme la ſuite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c. & conſéquemment que la ſomme des eſpaces parcourus, dans un certain nombre d'inſtans eſt comme le quarré de ces inſtans.

A la fin du ſecond, en effet, il y a quatre eſpaces parcourus, 1 dans le premier, & 3 dans le ſecond, dont la ſomme 4 eſt le quarré de 2; à la fin du troiſième il y en a 9, ſavoir, 1 dans le premier inſtant, 3 dans le ſecond, & 5 dans le troiſième, dont la ſomme eſt 9, quarré de 3, &c. Il eſt donc démontré que les eſpaces parcourus, ou les hauteurs dont les corps ſont tombés

librement, font comme les quarrés des temps qu'ils ont employés à tomber de ces hauteurs.

De là je conclus que les temps qu'ils emploient à tomber font comme les racines quarrées des nombres qui expriment les hauteurs d'où ils tombent; mais les vîteffes qu'ils acquièrent en tombant, font elles-mêmes comme les inftans de la chute, pendant lefquels elles s'acquièrent. Ces vîteffes font donc auffi comme les racines quarrées des hauteurs; ce qui s'accorde parfaitement avec l'expérience.

Il fera donc toujours facile de déterminer la quantité de liquide qui s'écoulera, dans un temps donné, par une ouverture quelconque faite à un vafe rempli de ce liquide. Pour

cela, il ne s'agira que de connoître celle du même liquide qui se sera écoulée dans le même temps par une semblable ouverture, faite au même vase, à une hauteur connue.

Supposons maintenant deux vases égaux, remplis du même liquide, mais percés de deux ouvertures de différens diamètres : je demande selon quelle proportion ils s'écouleront ?

Soient les deux vases A & B, (*Planche* 2, *Fig.* 7) parfaitement égaux, remplis d'eau jusqu'à la même hauteur au-dessus du fond; mais dont les ouvertures C & D, soient dans le rapport de 2 à 1; l'ouverture C d'un pouce de diamètre, par exemple, & l'ouverture D de six lignes seulement. Dans cette supposition, les

temps pendant lesquels ces deux vases s'écouleront, seront en raison réciproque des diamètres de ces ouvertures.

Et d'abord le liquide qui s'écoule, s'écoule d'un mouvement uniformément retardé; puisque sa hauteur au-dessus du fond, & conséquemment la pression qu'il exerce sur lui-même, diminue à proportion qu'il s'évacue.

Cela posé, je suppose que chacun de ces vases soit divisé de haut en bas en plusieurs lames semblables, toutes d'une épaisseur extrêmement petite, & toutes parallèles à l'horizon. Comme la hauteur du liquide est la même dans les deux vases, le nombre des lames à parcourir sera égal de part & d'autre, & elles

feront

seront toutes parcourues d'un mouvement uniformément retardé par l'eau qui s'écoulera; mais plus l'ouverture, faite au fond du vaisseau, sera grande, moins le liquide emploiera de temps à parcourir chacune de ces lames. Par conséquent, le temps employé à parcourir la lame A *rs* T, dans le premier vase, sera à celui qui sera employé à parcourir la lame semblable & correspondante B *xy* V, dans le second, comme le diamètre de l'ouverture D, est au diamètre de l'ouverture C, & comme il en sera de même des autres lames consécutives, ces deux vases se videront dans des temps réciproques aux diamètres de leurs ouvertures, le vase

A une fois plus promptement que le vafe B.

Je n'infifterai pas davantage fur cette première partie de l'hydraulique, & cela, pour la raifon que j'en ai donnée ci-deffus. Je paffe donc à la feconde.

§. II.

Des jets d'eau.

Un corps qui tombe librement d'une hauteur donnée, acquiert, pendant fa chute, une quantité de mouvement fuffifante pour remonter, en fens contraire, jufqu'à la hauteur dont il eft defcendu : c'eft une loi conftante de la nature, & cette loi

eſt pleinement confirmée par les oſcillations du pendule.

Attachez un ſolide, ſuppoſons une balle de plomb, à l'extrémité d'un fil de métal très-delié, que vous ſuſpendrez par ſon autre extrémité à un point fixe autour duquel il pourra ſe mouvoir librement, & vous aurez un pendule dont la balle formera ce qu'on appelle la lentille. Ce pendule ſe tiendra naturellement en repos dans une ſituation perpendiculaire à l'horizon.

Saiſiſſez la balle de plomb d'une main, & tirez-là de ſon repos, en l'élevant à droite ou à gauche par un arc d'une certaine amplitude, ſuppoſons de douze degrés. Abandonnez-là enſuite à elle-même, & vous la

verrez defcendre par le même arc par lequel vous l'aurez élevée, & après l'avoir parcouru, elle remontera en fens contraire par un arc égal au premier.

Ne vous attendez cependant pas à la voir parvenir jufqu'à l'extrémité de ce fecond arc; parce que le frottement que le fil de métal éprouve à fon point de fufpenfion, joint à la réfiftance que l'air lui oppofe, ainfi qu'à la balle qu'il porte, fait perdre à ce pendule une portion de la force avec laquelle il tend à remonter en fens contraire.

Supprimez ces deux obftacles, & il s'élevera jufqu'à l'extrémité d'un arc de douze degrés : or, ce qui s'en manque dans le fait, eft un déchet

aſſez petit, pour qu'on comprenne facilement qu'il ne peut être attribué qu'à ces deux cauſes, & conſéquemment que le pendule acquiert par ſa chute, une quantité de mouvement ſuffiſante pour remonter en ſens contraire à la hauteur dont il eſt deſcendu.

Il en eſt de même de l'eau, ou de tout autre liquide qui ſe précipite de haut en bas, ſelon la longueur d'un tube qu'il parcourt : elle acquiert, dans ſa chute, une force ſuffiſante pour s'élever, en ſens contraire, juſqu'à la hauteur du réſervoir d'où elle vient.

L'expérience le prouve, & il ne faut pour s'en aſſurer que préparer le tube de manière à ce que, parvenue

à fon extrémité inférieure, l'eau foit dirigée de bas en haut ; & cela arrivera fi cette extrémité eft recourbée en ce fens. Alors vous la verrez jaillir & s'élever à travers la maffe d'air qu'elle divifera.

Cependant il s'en faudra d'une quantité notable qu'elle ne s'élève jufqu'à la hauteur de fon réfervoir ; mais il y a de bonnes raifons pour cela, & ces raifons les voici : 1°. en vertu de la force attractive qui la maitrife, l'eau adhére avec une force donnée aux parois du tube qu'elle touche; 2°. elle y éprouve un frottement plus ou moins confidérable.

Pour obvier en partie à ces deux inconvéniens, qu'on ne peut abfolument éviter, on a foin de diminuer

le diamètre de l'ouverture par laquelle elle doit jaillir, & cette ouverture diminuée s'appelle *la lumière*. On donne le nom de *jet* à l'eau qui s'en échappe.

Cette difpofition connue, on conçoit qu'elle n'eft point obligée de defcendre auffi précipitamment pour jaillir, & conféquemment qu'elle éprouve un frottement moins confidérable le long des parois du tube. Son mouvement en eft donc proportionnellement moins retardé, & conféquemment elle conferve une plus grande quantité de la force qui la fait jaillir, & elle s'élève à une plus grande hauteur.

Malgré cela cependant elle ne peut parvenir jufqu'au niveau du

réservoir, parce que le frottement qu'elle éprouve encore non-seulement dans toute la longueur du tube, mais aussi à l'ouverture de la lumière qu'elle franchit, y met obstacle. A la vérité les parties de la liqueur qui forment le milieu du jet, ne sont point exposées à ce frottement; mais comme elles adhèrent elles-mêmes aux parties latérales, elles participent à celui que ces dernières éprouvent, & toutes conséquemment sont retardées.

Ici se joint un autre obstacle, & cet obstacle n'est point le moindre. Elevée à la hauteur à laquelle elle peut atteindre, l'eau retombe par sa propre pesanteur. Si le jet est perpendiculaire, elle retombe sur elle-

même & s'oppose à l'élévation de celle qui la suit.

Outre cela, la résistance que l'air lui oppose nuit encore considérablement à son élévation. Or, cette résistance étant proportionnée au quarré de la vîtesse avec laquelle elle se meut, comme nous l'avons observé précédemment, en parlant de la résistance des milieux, on conçoit que si elle descend d'une très-grande hauteur, elle acquiert une très-grande vîtesse, & conséquemment elle éprouve une très-grande résistance de la part de l'air qu'elle est obligée de traverser pour s'élever.

Quelquefois cette résistance est si considérable que le jet, parvenu à une certaine hauteur, se divise en

une multitude de petits jets, qui se subdivisent eux-mêmes, & dont les molécules s'éparpillent, si je puis me servir de ce terme, & produisent comme une espèce de petit nuage, qui tombe sous la forme d'une pluie fine, dans les environs de l'endroit d'où le jet s'élance.

Concluons donc de tout ce que nous venons de dire, qu'il y a des précautions à prendre, des règles à observer, pour qu'un jet d'eau s'élève à la hauteur à laquelle il peut parvenir.

J'abandonne aux méchaniciens qui s'occupent de l'hydraulique, l'étude de toutes ces choses, dont le développement fatigueroit inutilement l'attention du lecteur, & je me borne

à quelques obſervations générales qui méritent de trouver ici leur place.

1°. Pour empêcher que l'eau qui retombe ne ſurcharge le jet, & ne l'empêche d'atteindre à la hauteur à laquelle il peut s'élever, on a ſoin d'incliner la lumière ; le jet devient alors oblique, & l'eau ne retombe point ſur elle-même. On conçoit, ſans qu'il ſoit beſoin de le dire, qu'il ne faut point abuſer de ce moyen; une trop grande obliquité du jet ſeroit un défaut qui choqueroit la vue.

2°. Pour que l'eau éprouve moins de réſiſtance à parvenir à la lumière, au lieu de fléchir à angles droits l'extrémité du tuyau de conduite, qui doit être recourbé de bas en haut, on lui fait ſuivre une courbe un peu

allongée, qui l'a mène insensiblement à son point. Ainsi, au lieu de lui donner la forme ABCD (*Plan. 2. fig. 8.*), on lui fait prendre l'inflexion ABC (*Plan. 2. fig. 9.*)

3°. Il faut avoir soin sur-tout de proportionner la grosseur des tuyaux de conduite au diamètre de la lumière par laquelle l'eau doit jaillir. Plus ces canaux ont de grosseur, par rapport à l'ouverture de la lumière, plus le jet s'élève. Cette grosseur cependant doit avoir une certaine proportion avec la distance du réservoir, & cette proportion est renfermée dans des bornes qu'on excéderoit dispendieusement, sans procurer plus d'avantage au jet.

Quoiqu'il n'entre nullement dans notre

notre plan de descendre dans ces sortes de détails, nous sommes persuadés que le lecteur nous saura gré de lui donner un apperçu plus clair d'un objet aussi intéressant, & nous lui présentons, avec confiance, la table ci-jointe, qu'on regarde comme la plus exacte qu'on connoisse. Elle a été dressée par un célèbre Physicien, pour un jet d'eau dont le réservoir seroit à cent pieds de distance du bassin, & ce savant s'étoit fort occupé de cet objet, sur lequel il avoit fait un très-grand nombre d'expériences.

TABLE.

Hauteurs du réservoir.	*Diamètres des canaux.*	*Diamètres de la lumière.*
5.	$1\frac{1}{4}$ de pou.	dep. $\frac{1}{}$ jusq. $\frac{1}{4}$ de pou.
10.	2.	$\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$. . .
15.	$2\frac{1}{4}$. . . .	$\frac{1}{2}$ . . . . . .
20.	$2\frac{1}{2}$. . . .	$\frac{1}{2}$ . . . . . .
25.	$2\frac{3}{4}$. . . .	$\frac{1}{2}$ . . . . . .
30.	3 à $3\frac{1}{2}$. .	$\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ . . .
40.	$4\frac{1}{2}$. . . .	$\frac{3}{4}$ . . . . .
50.	5.	$\frac{3}{4}$ . . . . .
60.	$5\frac{1}{4}$. . . .	1 pouc. . .
80.	$6\frac{1}{2}$ . . .	$1\frac{1}{4}$ . . . .
100.	7 à 8. . .	$1\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$. .

Nous ajouterons encore que la forme de la lumière n'eſt rien moins qu'indifférente. Gardez-vous ſur-tout de lui en donner une conique, telle que celle de ces ajuſtages qu'on pratique aux extrémités des tubes de verre qu'on fait fondre, & qu'on tire à la lampe de l'émailleur.

L'eau éprouve à leur lumière un frottement énorme, à raiſon de la quantité de petits filets qui ſe préſentent obliquement pour ſortir en même temps, & qui, repouſſés par la voûte conique, nuiſent au principal filet qui ſe préſente directement à la lumière.

Une plaque de métal mince, percée & appliquée ſur l'ouverture du tuyau de conduite, eſt ce qui convient ici ;

mais il faut que l'épaiſſeur de cette plaque ſoit proportionnée à la hauteur du jet qui doit la traverſer.

On lui donne communément un vingtième de pouce, pour un jet de 20 pieds ; un dixième, pour un jet de 20 à 30 pieds d'élévation ; un cinquième, pour un jet de 30 à 50 pieds, &c. Plus de détails ſur cette matière ſeroient d'une prolixité déplacée. Je paſſe donc à un autre objet.

§. III.

Des eaux qui coulent ſur la ſurface du globe.

La nature & les qualités des différentes eſpèces d'eaux qui circulent ſur la ſurface, ou qui ſont renfermées

dans l'intérieur de la terre, nous fourniront la matière d'un Chapitre particulier, que nous réservons pour la seconde partie de cet Ouvrage. Nous ne les considérerons ici que comme coulantes, & nous parlerons 1°. de l'origine des fleuves & des rivières; 2°. des directions que les uns & les autres affectent dans leur cours; 3°. des principaux phénomènes que la plupart nous font observer; 4°. enfin, de la manière de juger de leur vîtesse.

En général les fleuves & les rivières viennent de sources; mais ces sources, ainsi que plusieurs rivières & la plupart des ruisseaux, doivent leur origine à un amas de vapeurs condensées vers le sommet de quelques montagnes, contre lesquelles elles sont

apportées. Plusieurs doivent la leur à des pluies abondantes, ou à d'énormes quantités de neiges qui se sont fondues; mais ces pluies & ces neiges sont elles-mêmes le produit des vapeurs qui se sont élevées dans l'atmosphère; de sorte qu'en dernière analyse, c'est la même source qui fournit à notre globe les eaux qui le recouvrent.

Mais comment prouver que les vapeurs qui s'élèvent continuellement du vaste bassin des mers, ainsi que des eaux stagnantes ou coulantes sur la surface du globe, soient assez abondantes pour fournir à une aussi grande dépense? c'est un problème qui paroîtra peut-être insoluble au premier aspect; mais il s'en faut de beaucoup qu'il le soit; car il fut

résolu, dans le dernier siècle, & de la manière la plus simple & la plus satisfaisante par le Docteur *Halley*. Si nous ne craignions de fatiguer le Lecteur par un calcul, dont les détails sont immenses, nous copierions avec plaisir celui que ce célèbre mathématicien a consigné dans le numéro 192 des Transactions philosophiques, & par lequel il démontre que les vapeurs qui s'élèvent au-dessus de la mer, & que les vents transportent sur la terre, sont suffisantes pour former toutes les rivières, & entretenir toutes les eaux qui sont à la surface de la terre. Ceux qui seront curieux de suivre ce calcul ou de le vérifier, pourront consulter l'ouvrage que je viens de citer.

Si l'on considère la position des grandes montagnes, généralement situées au milieu des continens, on verra que dans l'ancien, les plus grandes chaînes sont dirigées d'occident en orient, & réciproquement. Il en est de même des grands fleuves & des grandes rivières : leur cours suit assez la même direction, à quelques exceptions près.

Ne parlons que des plus connus : la Loire en France, la Charente, la Garonne, la Seine, &c. coulent d'orient en occident, & si le Rhône coule du nord au midi, il ne suit cette direction que dans une partie de son cours; depuis les montagnes, jusqu'à Lyon, il va d'orient en occident.

Le Rhin montre, en Allemagne, la même exception : la majeure partie de ſon cours ſe fait du midi au nord ; mais les autres fleuves, le Danube, la Drave, & toutes les grandes rivières vont d'orient en occident, ſe précipiter dans la mer noire.

En Eſpagne, nous ne voyons aucune exception à cette loi générale. Le Vigo, le Douro, le Tage, la Gouadiana coulent d'orient en occident ; l'Ebre, en ſens contraire, d'occident en orient ; mais aucun fleuve, pas même une ſeule rivière remarquable ne coule du ſud au nord, ou du nord au ſud.

L'Euphrate, ce fleuve ſi célèbre jadis en Aſie, ainſi que tous ceux qui arroſent le vaſte royaume de la

Chine, & ceux qui coulent dans l'intérieur de l'Afrique, au-delà de la Barbarie, tous coulent d'occident en orient.

Dans le nouveau continent, c'eſt encore la même choſe : les principaux fleuves de l'Amérique ſuivent le même cours; à la vérité les montagnes y ſont dirigées du nord au ſud; mais cette poſition ne contrarie point notre propoſition générale, ſi, comme le prétend M. *de Buffon*, ces montagnes ne ſont qu'une ſuite de montagnes parallèles, diſpoſées d'orient en occident.

Quant aux différens phénomènes que les fleuves nous font obſerver, il y en a de bien extraordinaires au premier aſpect; mais tous s'expliquent

assez facilement Quel immense détail que celui qui les embrasseroit tous! il auroit de quoi fatiguer la patience du Lecteur. Nous nous bornerons donc aux principaux, à ceux seulement qui paroissent les plus singuliers.

Dans le Pérou & dans le Chili, on voit des fleuves qui coulent abondamment pendant le jour, & sont presque toujours taris pendant la nuit. Tout singulier qu'il soit, ce phénomène n'a rien qui doive nous surprendre. Dès en effet qu'on connoît le local, on comprend qu'il dépend de la fonte des neiges dont les montagnes de ces contrées sont couvertes. Cette fonte, qui s'opère, pendant le jour, fournit à l'écoule-

ment de ces fleuves. Vient-elle à cesser pendant la nuit, l'eau leur manque, & ils cessent de couler, ou ils ne coulent qu'en très-petite quantité.

Le Volga, qui traverse presque toute la Russie, nous offre un phénomène différent; mais ce phénomène est encore du même genre, il procède de la même cause, de la fonte des neiges. Il s'enfle tellement pendant les mois de mai & de Juin, temps auquel elles se fondent, qu'il couvre une vaste étendue de terrain, qui demeure à sec tout le reste de l'année, où la même cause ne subsiste plus.

Plusieurs autres, tels que le Nil, le Gange, l'Inde se débordent pendant l'hiver, à raison des pluies

abondantes qui tombent en cette saison, & pendant l'été ils débordent encore, par rapport aux neiges qui se fondent.

On voit certains fleuves disparoître tout à coup, & se perdre sous terre. Ensuite on les voit reparoître à des distances plus ou moins éloignées. C'est ainsi, selon l'opinion de plusieurs géographes, que le Niger tire sa source du Nil, par-dessous terre; mais à peine est-il arrivé au pied des montagnes de Nubie, qu'il s'enfonce sous ces montagnes, disparoît, & & ne reparoît qu'au delà, vers l'occident. Le Tigre se perd de même sous le mont Taurus.

Communément les fleuves s'élargissent vers leurs embouchures, &

leurs ſinuoſités augmentent à meſure qu'ils approchent de la mer. Ce dernier phénomène eſt ſi conſtant, que les ſauvages de l'Amérique jugent, par ces ſinuoſités, dit-on, de la diſtance à laquelle ils ſont éloignés de la mer.

En voici encore deux autres également importans à connoître, & qui méritent plus particulièrement l'attention du phyſicien : ce ſont les *remous* auxquels les fleuves ſont aſſez fréquemment ſujets, & les *cataractes* qu'on obſerve dans quelques-uns.

On diſtingue deux eſpèces de remous, à raiſon des cauſes qui les produiſent. La première eſpèce eſt occaſionnée par les marais qui, venant

en ſens contraire du courant du fleuve, refoulent, pour ainſi dire, ſes eaux ſur elles-mêmes, & produiſent un contre-courant plus ou moins ſenſible.

La ſeconde eſpèce eſt l'effet d'un obſtacle qui ſe rencontre dans le lit du fleuve. Une île, par exemple, une avance de terre, &c. ſuffiſent pour cela. Ce remous n'eſt point auſſi ſenſible que le précédent, le contre-courant eſt moins fort, moins marqué; on ne voit ici que ce que les gens de rivière appellent *une morte*, ou *des eaux mortes*, qui ne coulent point comme le reſte de la rivière. Elles tournent ſur elles-mêmes, & ce tournoiement eſt très-dangereux pour les bateaux. On a

beaucoup de peine à les en retirer, dès qu'ils y ſont une fois engagés. On voit de ces ſortes de tournoiemens au paſſage d'un pont ſur une rivière très-rapide. Celui qu'on obſerve au Pont Saint-Eſprit, eſt un des plus remarquables.

Des rochers, ou tout autre obſtacle propre à arrêter le courant d'un fleuve, & à faire que l'eau ſe précipite avec une impétuoſité accompagnée d'un grand bruit, produiſent ce qu'on appelle des *cataractes*, que les anciens nommoient des *catadupes*.

Il ne faut pour cela qu'une pente très-bruſque, dans le lit d'un fleuve, comme l'obſerve très-bien M. *de Buffon*. Le Rhin nous en fournit deux exemples, l'un à Bilefeld, l'autre

auprès de Schafhouſe. On en voit pluſieurs dans le Nil, occaſionnées par des rochers, deux entre autres beaucoup plus fortes, en deux endroits, où l'eau ſe précipite de fort haut, entre deux montagnes.

La plus fameuſe que nous connoiſſions, c'eſt celle de la rivière de Niagara, dans le Canada. L'eau tombe de cent cinquante-ſix pieds de hauteur perpendiculaire, comme un torrent impétueux, de plus d'un quart de lieue de largeur. Au-deſſus de ce torrent, s'élève une eſpèce de brouillard qui ſe perd dans les nues, & ſe voit de cinq lieues de diſtance. Lorſque les rayons du ſoleil tombent deſſus, ils forment un ſuperbe arc-en-ciel.

Au-dessus de cette cataracte, se trouvent des tournoiemens d'eau si terribles, que la navigation devient très-dangereuse à près de cinq milles de distance.

Ici, M. *de Buffon* fait une observation très-juste, & qui s'accorde parfaitement avec l'opinion du savant *Varenius*, sur les lits des fleuves. Dans tous les pays, dit notre illustre naturaliste, qui ne sont point assez peuplés pour former des sociétés policées, les terrains sont plus irréguliers, & le lit des fleuves plus étendu, moins égal & rempli de cataractes. Il a fallu des siècles, continue-t-il, pour rendre le Rhône & la Loire navigables. C'est en contenant les eaux, en les dirigeant,

en nettoyant le fond des fleuves, qu'on leur donne un cours assuré.

Varenius étoit donc bien fondé à croire, qu'à l'exception de ceux qui existoient, du temps de la création, les lits des autres fleuves ont été creusés de main d'homme.

Quand une nouvelle source, dit-il, sort de sous terre, elle inonde les terres adjacentes, & ceux auxquels ces inondations nuisent, s'empressent d'y remédier en détournant les eaux, & leur creusant des lits pour les faire écouler.

De là, ajoute-t-il, on conçoit pourquoi l'on trouve tant de sources dont les eaux sont salées, tandis que celles des fleuves ne le sont point. C'est qu'il en eût plus coûté à l'homme

pour creuser des lits aux eaux des sources salées, que pour en recueillir le sel, selon les procédés ordinaires: or, comme ces eaux n'ont jamais été assez abondantes pour dévaster ses terres, il ne s'est point donné la peine de leur faire prendre un cours.

Quoi qu'il en soit, il se présente ici une question bien importante à traiter; savoir, quelles sont les loix auxquelles les eaux sont assujetties dans leur cours. Beaucoup de physiciens se sont occupés de cette question; mais je n'en connois aucun qui y ait répondu d'une manière aussi satisfaisante que le savant *Guglielmini*, dont nous analyserons la théorie, sans en rien retrancher d'essentiel à son intelligence.

Les eaux des fleuves, dit ce célèbre mathématicien, qui professoit, vers la fin du dernier siècle à Boulogne, & avec la même distinction, les mathématiques, l'hydrométrie & la médecine qu'il exerçoit avec un brillant succès; les eaux des fleuves, dit-il, ont communément leurs sources dans les montagnes, ou autres lieux fort élevés, d'où elles descendent d'un mouvement accéléré; mais à proportion qu'elles s'éloignent du lieu de leur origine, leur vîtesse diminue, tant à raison des frottemens qu'elles éprouvent, que par rapport aux obstacles qu'elles rencontrent, & encore parce qu'elles arrivent dans des plaines, où elles

coulent ſans pente, ou preſque horizontalement.

Parvenues en ces lieux, & coulant dans une ſituation preſque parallèle à l'horizon, elles n'ont, pour ainſi dire, que leur propre poids pour entretenir leur écoulement. Or, ce poids étant proportionné à la profondeur, je veux dire, à la hauteur de l'eau au-deſſus du fond ſur lequel elle coule, on conçoit qu'elle doit couler lentement. Cependant cette hauteur augmente à meſure que la vîteſſe de l'eau ſe ralentit, parce qu'elle s'accumule à proportion qu'elle coule moins vîte; de là l'écoulement doit acquérir plus d'activité; mais ce ſont des accidens auxquels nous ne voulons point nous arrêter.

Supposons donc qu'il reste une légère pente au terrain sur lequel elle coule. Dans cette supposition, qui est la plus ordinaire, les couches supérieures, ou la surface de l'eau éloignée du fond, continue à couler, parce que la plus petite différence dans son niveau suffit pour qu'elle s'épanche. Il n'en est pas ainsi des couches inférieures, de celles qui avoisinent le fond ; les inégalités qu'elles y rencontrent leur font éprouver des frottemens, & elles ne peuvent être mues que par la pression des couches supérieures. Entraînées par cette pression, elles entraînent à leur tour celles-ci, à raison de l'adhérence qu'elles ont entre elles.

Aussi observe-t-on assez commu-

nément que la plus grande viteſſe d'une rivière ou d'un fleuve, ſe trouve vers le milieu de la profondeur de ſon lit; parce [illegible]es couches en cet endroit ſont [illegible]lérées par la preſſion de la moitié de la hauteur de l'eau, & ne ſont point retardées par les inégalités du fond.

Veut-on connoître ſi l'eau d'une rivière, qui n'a preſque point de pente, coule à raiſon de la déclivité du terrain, ou de la preſſion de ſes propres parties? Le moyen eſt on ne peut plus ſimple : le voici. Oppoſez au courant un obſtacle qui lui ſoit perpendiculaire. Si l'eau s'élève à l'approche de cet obſtacle, ſon cours vient de la pente du terrain : ſi, au contraire, elle s'arrête ſans

s'élever,

s'élever, il vient de ſa propre preſſion.

En admettant l'opinion de *Vanerius*, qui prétend, comme nous l'avons obſervé ci-deſſus, que les lits des rivières & de la plupart des fleuves ſont des ouvrages de main d'homme, il n'en eſt pas moins conſtant, qu'à force de couler dans ces lits, les eaux les creuſent encore. Elles arrachent, pour ainſi dire, & en proportion de la vîteſſe avec laquelle elles coulent, elles arrachent les parties élevées au-deſſus du fond, elles les tranſportent & les dépoſent dans les cavités qu'elles rencontrent; de ſorte, qu'inſenſiblement elles applaniſſent le terrain ſur lequel elles coulent.

Outre cela, elles rongent les bords,

& elles les rongent d'autant plus, qu'elles les frappent plus perpendiculairement. De là l'avantage de planter des arbres sur le bord des rivières : leurs racines, qui s'étendent & s'entrelacent, s'opposent à cette dégradation. Elle a toujours lieu néanmoins, & les bords toujours rongés prennent une situation parallèle au courant : en même temps le lit de la rivière s'élargit. Or, à proportion qu'il s'élargit, la profondeur de l'eau diminue, & conséquemment sa pression; de sorte qu'après un certain laps de temps, la force de l'eau se trouve en équilibre avec la résistance que le terrain lui oppose, & il ne survient plus de changement dans la direction des bords.

Le contraire arrive lorſque les eaux des rivières ou des fleuves ſont épaiſſies, bourbeuſes, limoneuſes. Dans ce cas, au lieu de creuſer le terrain ſur lequel elles coulent, & d'en ronger les bords, elles dépoſent ſur le fond les matières étrangères qu'elles charient, & une partie de ces matières jetées loin du fil de l'eau, entre les bords & le courant, s'y accumule & forme à la longue un nouveau rivage.

Souvent ces effets, & les précédens ſe combinent enſemble & produiſent des variétés qu'on ne peut trop bien obſerver, ſur-tout lorſqu'il s'agit de détourner le cours d'une rivière, & d'éviter des inondations

qui surviennent alors & qu'on est fort éloigné de suspecter.

Quelquefois un petit fleuve se jète dans un grand. Qui ne croiroit que la largeur, ou au moins la profondeur de celui-ci ne dût en être plus ou moins sensiblement augmentée, par la quantité d'eau qui y afflue? point du tout, cette addition ne produit d'autre effet que de mettre en mouvement, ou d'augmenter la vîtesse des parties qui y étoient en repos, ou qui se mouvoient très-lentement vers ses bords.

Dans ce cas, la vîtesse du courant augmente elle-même à raison de la surabondance d'eau qui y aborde, & la largeur, ainsi que la profondeur

du fleuve reſtent dans le même état où elles étoient auparavant.

On remarque ce phénomène à Veniſe, où le bras du Pô, qui y paſſe, bien qu'augmenté des eaux qu'il reçoit du Ferare & du Panaro, ne ſouffre aucun accroiſſement ſenſible dans aucune de ſes dimenſions.

Le ſeul changement qui puiſſe arriver à un fleuve par la jonction d'un autre fleuve, qui s'y jette perpendiculairement, ou ſous une direction oppoſée à ſon courant, c'eſt d'être inſenſiblement détourné de ſon premier lit, & d'être forcé de couler dans un nouveau plus favorable au cours de la réunion des eaux.

Cette réunion augmente néceſſairement la rapidité du courant; puiſ-

que le frottement diminue par la diminution des surfaces frottantes, & qu'alors ces surfaces diminuent de moitié, ou environ. Au lieu en effet de quatre rivages entre lesquels les deux fleuves couloient avant leur réunion, ils ne coulent plus qu'entre deux rivages, dès qu'ils sont réunis.

Ajoutez que la quantité d'eau se trouvant augmentée dans un même lit, sa pression doit être proportionnellement plus grande, & conséquemment sa vîtesse.

De là, plus d'action sur le fond du terrain qui se creuse quelquefois, même assez profondément pour que ses bords se rapprochent. De là, un autre avantage encore en faveur des terrains bas, avantage qu'on ne peut trop

priser; ce sont les parties fangeuses, bourbeuses qui se déposant sur eux, y élèvent des espèces de digues qui s'opposent aux débordemens & aux inondations qui pourroient avoir lieu sans cela.

Guglielmini le prisoit si fort cet avantage, qu'il étoit persuadé que la nature bienfaisante n'avoit d'autre dessein que d'atteindre à ce but, en rendant si fréquentes les jonctions des rivières sur la surface de la terre.

Ajoutez encore que l'homme y gagne une certaine étendue de terrain; puisqu'après leur réunion la masse des eaux en occupe un plus petit.

Après avoir parlé des causes qui

ſe réuniſſent & concourent à accélérer le cours des eaux, il eſt naturel d'indiquer un moyen de meſurer la vîteſſe de leur écoulement : il préſente pluſieurs ; le difficile eſt d'en trouver un qui ſoit facile à mettre à exécution.

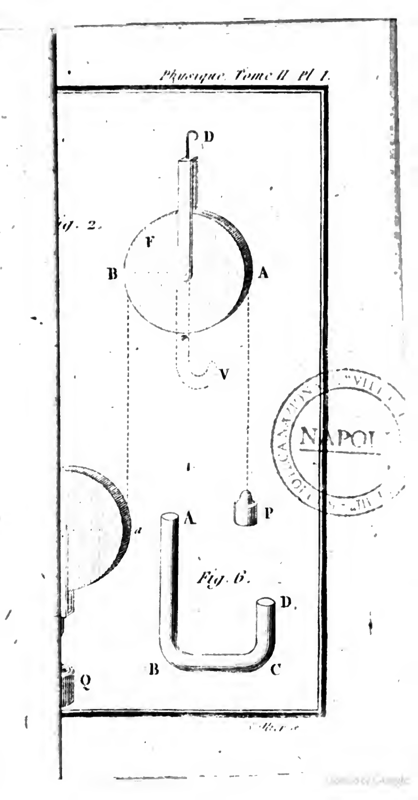
Et d'abord ce ne ſera point celui que nous propoſe le ſavant auteur, dont nous venons d'analyſer la théorie ; il eſt trop compliqué ; ce ne ſera pas non plus celui que *Pitot* nous enſeigne dans les Mémoires auſſi de l'académie des ſciences de Paris ; il eſt beaucoup plus ſimple, nous en convenons ; mais il s'en faut auſſi de beaucoup qu'il ſoit exact. En voici un qui réunit la plus grande ſimplicité à l'exactitude qu'on doit déſirer.

Prenez un corps dont la pesanteur spécifique soit un peu moindre que celle de l'eau, pour qu'il s'y enfonce presqu'entièrement, & qu'il ne surnage qu'autant qu'il est nécessaire pour, qu'entraîné par l'eau, on ne le perde point de vue. Une boule de cire, de quelques pouces de diamètre est ce qui convient ici. Jetez-la dans l'eau courante; bientôt elle y prendra la vîtesse du fluide qui l'entraînera, & par sa vîtesse, que vous apprécierez facilement, en mesurant le chemin qu'elle fait dans un temps donné, vous jugerez de celle de l'eau.

Plus de détails sur cette matiere deviendroient superflus. Nous terminerons donc ici la première partie de

notre physique, dans laquelle nous avons exposé & développé, le plus clairement qu'il nous a été possible, les principes dont nous ferons usage dans la seconde, la plus agréable partie de la Physique, & par son objet, qui nous touche souvent de plus près, & par cette multitude de phénomènes admirables qu'elle offre à notre curiosité, dont la plupart intéressent nos besoins ou nos plaisirs.

Fin du Tome second, & de la Physique Générale.


Physique. Tome II. Pl. 1.
D
ig. 2.
F
B
A
V
P
A
a
Fig. 6.
D.
B
C
Q
NAPOLI

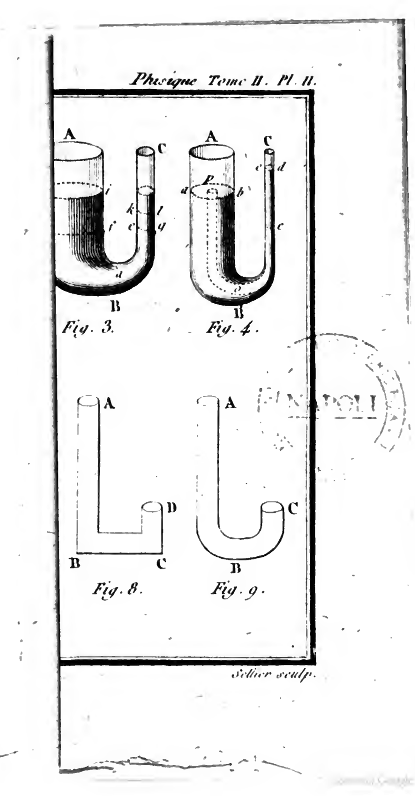


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 8.

Fig. 9.

Sellier sculp.



TABLE
DES MATIERES.

Fin de la Table.

ERRATA.

Page 109, ligne 1, *qui équilibreroit*; effacez *qui*.

Page 192, ligne 1 & 2, *& dans un autre*, lisez *ou par un autre.*

Page 211, ligne 11, *elle être chose*; lisez *être autre chose.*

